ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

ANNÉE 1970 N° 66

Essai de traitement de l'ichtyophtiriose et de la "piscicolose" des poissons d'aquarium par le dichlorhydrate du chlorométhoxyacridyl-aminodiéthylamino-propanol

Hygiène de l'aquarium

THÈSE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Diplôme d'Etat

Présentée et soutenue publiquement en iuin 1970

DEVANT LA

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE TOULOUSE

PAR

VARLET (Jean-Pierre, Georges)

né le 5 janvier 1944, à Hergnies (Nord)

Jury :

Président : M. ROUX, Professeur à la Faculté de Médecine de Toulouse.

Assesseurs : M. BRIZARD, Professeur à l'Ecole Nat. Vétérinaire de Toulouse.
M. SAURAT, Professeur à l'Ecole Nat. Vétérinaire de Toulouse.

TOULOUSE
IMPRIMERIE TOULOUSAINE Vve LION
16, RUE LAKANAL, 16

1970

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546526_0094

Essai de traitement de l'ichtyophtiriose et de la "piscicolose" des poissons d'aquarium par le dichlorhydrate du chlorométhoxyacridyl-aminodiéthylamino-propanol

---

Hygiène de l'aquarium

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE
ANNÉE 1970 N° 66

Essai de traitement de l'ichtyophtiriose et de la "piscicolose" des poissons d'aquarium par le dichlorhydrate du chlorométhoxyacridyl-aminodiéthylamino-propanol

Hygiène de l'aquarium

THÈSE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Diplôme d'Etat

Présentée et soutenue publiquement en juin 1970

DEVANT LA

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE TOULOUSE

PAR

VARLET (Jean-Pierre, Georges)

né le 5 janvier 1944, à Hergnies (Nord)

Jury :

Président : M. ROUX, Professeur à la Faculté de Médecine de Toulouse.

Assesseurs : M. BRIZARD, Professeur à l'Ecole Nat. Vétérinaire de Toulouse.
M. SAURAT, Professeur à l'Ecole Nat. Vétérinaire de Toulouse.

TOULOUSE
IMPRIMERIE TOULOUSAINE Vve LION
16, RUE LAKANAL, 16

1970

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ECOLE NATIONALE VÉTERINAIRE DE TOULOUSE

Directeur . . . . . MM. FLORIO.
Directeurs honoraires . . . . . PONS.
DARRASPEN.

PERSONNEL ENSEIGNANT

Chaire de Pharmacie-Toxicologie.
— Professeur titulaire . . . . . GODFRAIN.
— Maître-Assistant . . . . . Mme BURGAT-SACAZE.
Pharmacie - Toxicologie.

Chaire de Physique-Chimie biologiques et médicales.
— Professeur titulaire . . . . . MM. RICO.
— Maître-Assistant . . . . . LORGUE.
Physique biologique et médicale. Chimie biologique et médicale.

Chaire d'Anatomie des Animaux domestiques.
— Professeur titulaire . . . . . PAVAUX.
Anatomie descriptive. Extérieur. Anatomie appliquée. Tératologie.

Chaire de Physiologie - Thérapeutique.
— Professeur titulaire. . . . . RUCKEBUSCH.
— Maître-Assistant . . . . . FARGEAS.
Physiologie - Thérapeutique - Pharmacodynamie.

Chaire d'Histologie - Anatomie pathologique.
— Professeur titulaire. . . . . VAN HAVERBEKE.
— Maître de Conférences non Chef de Service. . . . . CABANIÉ.
Histologie - Embryologie - Anatomie pathologique.

Chaire d'Hygiène et Industrie des aliments d'origine animale.
— Professeur titulaire . . . . . LABIE.
— Maître-Assistant . . . . . EECKHOUTTE.
Hygiène, Inspection, Contrôle et Technologie des denrées alimentaires d'origine animale.

Chaire de Parasitologie et Maladies parasitaires.
— Professeur titulaire . . . . . BRIZARD.
— Maître-Assistant . . . . . DORCHIES.
Zoologie appliquée. Parasitol. externe. Parasitol. interne. Clinique.

Chaire de Sémiologie et Pathologie médicale des équidés et carnivores.
— Professeur titulaire . . . . . FLORIO.
— Maître de Conférences non Chef de Service, Professeur sans chaire LESCURE.
— Maître-Assistant . . . . . GUELFI.
Sémiologie et Pathologie médicale des équidés et des carnivores.
Législation vétérinaire et déontologie clinique.

Chaire de Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour.
— Professeur titulaire . . . . . TOURNUT.
— Maître de Conférences non Chef de Service. . . . . ESPINASSE.
Sémiologie et Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour. Clinique. Clinique ambulatoire.

Chaire de Pathologie chirurgicale.
— Professeur titulaire . . . . . N...
— Maître-Assistant . . . . . CAZIEUX.
Propédeutique et Sémiologie chirurgicale. Technique chirurgicale.
Pathologie chirurgicale. Podologie. Clinique.

Chaire de Pathologie de la Reproduction.
— Professeur titulaire . . . . . BERTHELON.
— Maître de Conférences non Chef de Service, Professeur sans chaire ROYAL.
Sémiologie et Propédeutique. Pathologie de la reproduction.
Obstétrique. Clinique.

Chaire de Maladies contagieuses. Zoonoses. Législation sanitaire.
— Professeur titulaire . . . . . SAURAT.
— Maître-Assistant . . . . . CHANTAL.
Maladies contagieuses. Zoonoses. Législation sanitaire.

Chaire de Pathologie générale. Microbiologie. Immunologie.
— Professeur titulaire . . . . . LAUTIÉ.
Microbiologie. Immunologie. Pathologie générale.

Chaire de Zootechnie et d'Economie rurale.
— Professeur titulaire . . . . . QUEINNEC.
— Maître-Assistant . . . . . DARRÉ.
Ethnologie. Génétique appliquée. Hygiène générale. Zootechnie.
Elevage. Economie générale et des productions animales.

Chaire d'Alimentation.
— Professeur titulaire . . . . . FALIU.
— Maître-Assistant . . . . . GRIESS.
Botanique appliquée et Bromatologie. Agronomie. Alimentation.

COURS COMPLEMENTAIRES - CHARGES D'ENSEIGNEMENT

Antibiothérapie des Maladies infectieuses . . . . . MM. MONNIER.
Aspect médical des Zoonoses . . . . . ARMENGAUD.
Energétique et Métabolismes . . . . . LABOUCHE.
Initiation à l'informatique biomédicale. . . . . FERNET.
Agronomie . . . . . BRISEBOIS.
Les Marchés internationaux de l'Elevage . . . . . BLANC.
Organisation de l'Elevage bovin . . . . . SABLAYROLLES.
Responsabilité civ. et pén. du Vétérinaire-Inspecteur des denrées aliment. LINON.
Rôle économique des Collectivités locales . . . . . EECKHOUTTE.
Rentabilité de l'élevage. . . . . ROUCH.

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables des opinions émises par les candidats.
(Délibération de la Faculté en date du 10 mai 1891 et du Conseil de l'Ecole en date du 13 juin 1924.)

UNIV. LEIDEN BIBL.

A MES PARENTS

Bien faible témoignage de ma profonde affection et de ma reconnaissance infinie.

A MA FEMME

Gage du plus profond amour.

MEIS ET AMICIS

A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE

Monsieur le Professeur ROUX

de la Faculté de Médecine de Toulouse

Qui nous a fait le grand honneur d'accepter la présidence de notre Jury de thèse.
Hommage respectueux.

A NOTRE JURY DE THÈSE :

Monsieur le Professeur BRIZARD

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Chevalier de la Légion d'honneur

Qui nous a toujours témoigné une constante sollicitude, tant au cours de nos études qu'au cours de l'élaboration de cette thèse.
Qu'il veuille bien trouver l'hommage de notre respectueuse considération.

Monsieur le Professeur SAURAT

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Chevalier de la Légion d'honneur

Qui a bien voulu faire partie de notre Jury de thèse.
Hommage respectueux.

A Monsieur le Professeur SECONDAT

et Monsieur QUILLET

Chef de Travaux

Qui nous ont aidé dans l'élaboration de cette thèse en nous faisant profiter de toute leur expérience sur ce sujet.

A NOS MAITRES
DE L'ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE
DE TOULOUSE

INTRODUCTION

L'homme du XX^e siècle, vivant dans une société de consommation, cherche à s'échapper de sa vie mouvementée et mécanisée en faisant retour à la nature. Sa première réaction, observable à tous les niveaux de l'échelle sociale, consiste à acheter quelques plantes vertes pour créer dans son appartement une atmosphère de campagne. Il se lasse vite de cette verdure inerte, qui nest pas forcément jolie et assortie de façon esthétique au cadre de vie.

Sa seconde réaction est d'acheter des animaux : chiens, oiseaux. Mais ceux-ci procurent des servitudes, surtout pendant la période des vacances. On ne peut les abandonner pendant un mois, à moins de les placer en pension. L'homme s'est alors penché vers l'aquariophilie, qui ne présente pas tous ces inconvénients.

En effet, les poissons peuvent vivre un mois et même davantage sans manger.

Après une journée mouvementée, harassante, le citadin se repose et s'émerveille du spectacle varié offert par ce monde du silence en miniature qui est celui de l'aquarium. L'homme ne se lasse jamais d'observer ce monde du silence où plantes et poissons

exotiques aux formes variées, aux couleurs multiples, changeantes, offrent un spectacle varié et reposant. Cet hypnotique attrait que l'aquarium semble posséder nous a conduit à nous pencher sur le problème de l'aquariophilie.

Dans la première partie, après une description de l'*Ichtyophtiriose* et de la *Piscicolose*, nous relatons les essais que nous avons entrepris quant au traitement de ces maladies par le dichlorhydrate du chlorométhoxy-acridyl-aminodiéthylamino-propanol.

Dans la deuxième partie, nous envisageons en complément d'information les données concernant l'*Hygiène de l'aquarium*.

PREMIÈRE PARTIE

ESSAI DE TRAITEMENT
de l'ichtyophtiriose et de la piscicolose des poissons d'aquarium par le dichlorhydrate du chlorométhoxyacridyl-aminodiéthylamino-propanol

Possédant plusieurs aquariums peuplés, nous avons souvent observé l'apparition de nombreux « points blancs » sur les nageoires et le corps des poissons, qui provoquaient une mortalité importante.

Nous avons posé le diagnostic d'ichtyophtiriose.

Dans un premier chapitre, nous avons donc tout d'abord essayé de mieux connaître la morphologie et le cycle du parasite engendrant cette maladie, la réceptivité des poissons d'aquarium, le mode de transmission et les lésions provoquées par *Ichthyophtirius multifiliis*.

Ensuite nous avons effectué plusieurs essais de traitement avec le dichlorhydrate du chlorométhoxyacridyl-aminodiéthylamino-propanol dont nous rapportons les

résultats obtenus en conclusion à notre étude de cette maladie.

Dans un deuxième chapitre, après une étude sommaire des symptômes de la piscicolose, nous rapportons les résultats obtenus quant au traitement par ce même produit.

Chapitre premier

•

ICHTYOPHTIRIOSE

Définition

Maladie parasitaire très contagieuse due au protozoaire cilié *Ichthyophtirius multifiliis*, caractérisée, du point de vue anatomo-clinique, par l'apparition de petites vésicules gris blanchâtre visibles à l'œil nu sur le corps et les nageoires du poisson et donnant naissance, après leur rupture, à des ulcérations à bords nets.

Synonymie

Maladie des points blancs : « ichtyo », par abréviation.

Historique

L'*Ichthyophtirius* (« poux des poissons ») a été décrit pour la première fois par le Docteur Fouquet, en 1876, sur de jeunes truites.

Étiologie

1) *Le germe*

a) *Morphologie et caractère.*

Ichthyophtirius multifiliis est un protozoaire cilié holotriche appartenant à l'ordre des Hyménostomatidés.

Le corps est recouvert de cils typiquement uniformes. La cavité buccale ventrale possède une membrane ondulante sur la droite et trois petites membranes autour de la bouche sur la gauche.

Ce cilié mesure 500 à 800 μ et présente un aspect variable. Tantôt il est sphéroïde, parfois il est piriforme. Il possède à la partie la plus effilée du corps un petit cytostome qui conduit à un court œsophage et un cytopyge au pôle opposé.

Le corps est couvert d'une multitude de rangées longitudinales de fins cils, qui sont en perpétuel mouvement rotatif, permettant au parasite de se déplacer.

Le cytoplasme contient de nombreuses vacuoles; vers le centre se trouve le macronucléus en forme de fer à cheval. Le micronucléus fait défaut chez les formes adultes.

MacLennan (1936) a montré que les mitochondries des ichtyophtirius contiennent des acides gras libres.

Uspenskaga, en 1963, démontre l'existence de l'enzyme hyaluronidase dans *Ichthyophtirius multifiliis* à tous les stades de son cycle, sauf pendant la multiplication dans le kyste.

b) *Cycle du parasite.*

Le cycle du parasite peut être divisé en trois périodes :

α) Stade parasitaire ou stade épidermique.
β) Stade d'enkystement et de multiplication.
γ) Stade d'essaimage et d'infection.

α) *Stade parasitaire ou stade épidermique.*

Les jeunes parasites nagent activement à la recherche d'un poisson. Ils s'attaquent à l'épiderme qu'ils perforent en un point par un mouvement de toupie. Ils déplacent quelques cellules épithéliales, qui dégénèrent

par la suite. On pourrait penser que cette dégénérescence épithéliale est peut-être due à l'action traumatisante du parasite et à la présence de l'hyaluronidase qui dépolymérise les polysaccharides de la substance fondamentale. Il se produit ensuite une importante prolifération des cellules épidermiques voisines aboutissant à la formation d'un film épidermique gris blanchâtre recouvrant les parasites.

Dans cette vésicule, le ou les jeunes parasites, protégés en quelque sorte du milieu extérieur, croissent et deviennent adultes. Leur développement terminé, ils rompent la vésicule et tombent au fond de l'aquarium et s'enferment dans une épaisse gaine gélatineuse ou kyste.

La durée de leur développement est inversement proportionnelle à la température de l'eau.

On estime qu'il faut :

— quatre ou cinq semaines pour une température de 11 °C,
— onze à treize jours pour une température de 15 à 16 °C,
— trois jours pour une température de 25 °C.

Donc, pour accélérer la croissance des formes jeunes et libérer plus vite les poissons des parasites, il est nécessaire d'augmenter la température de l'eau de l'aquarium jusque 28 à 30 °C.

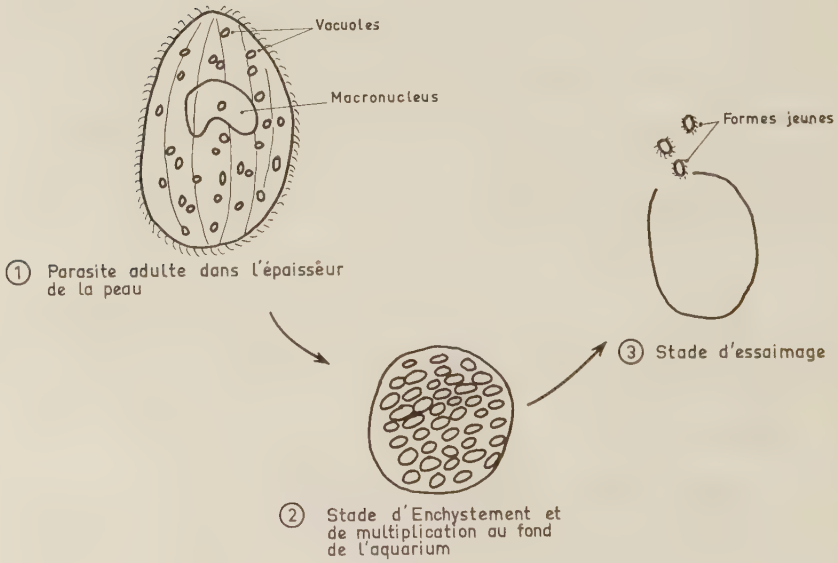
β) Stade d'enkystement et de multiplication.

Leur croissance terminée, les ichthyophtirius adultes rompent les vésicules épidermiques, tombent au fond de l'aquarium et s'enferment dans une épaisse gaine gélatineuse ou kyste où ils vont se multiplier par divisions successives et donner naissance à cent à mille petits ciliés mesurant 30 à 50 μ de long. Cette phase peut durer quinze à vingt heures, mais également cinq jours.

Ces formes jeunes possèdent une seule vacuole contractile, un macronucléus ovoïde et un micronucléus, non visible chez les formes adultes, provenant du macronucléus.

γ) *Stade d'essaimage et d'infestation du poisson.*

Le kyste éclate et libère ces formes jeunes qui nagent activement à la recherche d'un poisson. A ce stade, le parasite doit nécessairement trouver un hôte avant le troisième jour, sinon il meurt. Ceci permettra d'instaurer une prophylaxie efficace.



2) *La réceptivité*

Cette maladie est observée sur les carpes, tanches, truites et poissons d'aquarium.

a) *Facteurs déterminants.*

Nous avons eu recours aux observations faites par M. R. Gendre, spécialiste de poissons d'aquarium, à Toulouse, pour dresser une liste des poissons exotiques indiquant leur sensibilité à l'égard de cette maladie.

Le tableau suivant indique les signes conventionnels retenus :

— Poisson très sensible	×××
— Poisson moyennement sensible	××
— Poisson peu sensible	×
— Poisson réfractaire	0

(Nom commun français entre parenthèses.)

• *Famille des Anabantidae.*	
— *Betta splendens* (combattant)	×
— *Colisa la lia* (colisa la lia)	××
— *Colisa labiosa*	××
— *Helostoma termmincki* (kissing gouramy)	××
— *Macropodus opercularis* (macropode ou poisson de paradis)	×
— *Trichogaster leeri* (leeri, gouramy mosaïque	××
— *Trichogaster trichopterus* (gouramy bleu)	××
• *Famille des Atherinidae.*	
— *Bedotia geayi* (bedotia)	0
— *Melanotaenia maccullochi* (melanotaenia)	0
— *Telmatherina ladigesi* (telmatherina)	0

• *Famille des Callichthydae.*

— *Corydoras aeneus* (corydoras, fouilleur, femme de ménage) . . . . . ×

— *C. arcuatus* . . . . . ×

— *C. hastatus* . . . . . ×

— *C. julii* (corydoras léopard) . . . . . ×

— *C. melanistius* . . . . . ×

— *C. paleatus* . . . . . ×

— *C. rabauti* . . . . . ×

• *Famille des Centrarchidae.*

— *Mesogonisticus chaetodon* (chaetodon) . ×

• *Famille des Characidae.*

— *Aphyocharax vubripinnis* (aphyocharax) ××

— *Carnegiella strigata* (strigata) . . . . . ×××

— *Carnegiella marthae* . . . . . ×××

— *Chilodus punctatus* (chilodus) . . . . . ×

— *Gastropelecus levis* . . . . . ×××

— *Gymnocorymbus ternetzi* (tétra noir, petite jupe) . . . . . ×××

— *Hemigrammus caudovitatus* (caudovitatus) . . . . . ××

— *H. ocellifer* (feux de position) . . . . . ×××

— *H. pulcher* (fulcher) . . . . . ×××

— *H. rhodostomus* (rhodostomus) . . . . . ××

— *Hyphessobrycon flammeus* (tétra de Rio, tétra rouge) . . . . . ×××

— *H. gracilis* (gracilis, néon rose) . . . . . ×××

— *H. herbertaxelrodi* (néon noir) . . . . . ×××

— *H. innesi* (néon) . . . . . ×××

— *H. cardinalis* (néon cardinalis) . . . . . ×××

— *H. rosaceus* (rosaceus) . . . . . ×××

— *H. scholzei* (scholzei) . . . . . ××

— *H. serpae* (serpae) . . . . . ×××

— *Moenkhausia oligolepis* (moenkhausia) ×××

— *Nannostomus anomalus* (anomalus) . . ×××
— *N. marginatus* (marginatus) . . . . . ××
— *N. trifasciatus* (mannostomus, trifasciatus) . . . . . ××
— *Pristella riddlei* (pristella) . . . . . ×××
— *Thagera obliqua* (thagéra oblique) . . ×××

• *Famille des Cichlidae.*
— *Aequidens maroni* (acara maroni) . . . . ×
— *Apistogramma agassizi* (apistogramma agassizi) 0
— *A. ramiretzi* (apistogramma ramiretzi) . 0
— *Cichlasoma biocellatum* (cichlasoma biocellatum) 0
— *C. festivum* (cichlasoma festivum) . . . 0
— *C. mecki* (cichlasoma mecki) 0
— *Pterophyllum scalare* (scalaire) . . . . ××
— *Symphysodon discus* (discus et discus bleu) . . . . . ××

• *Famille des Cobitidae.*
— *Acanthophthalmus kuhli* (kuhli) . . . . ×
— *Botia macracantha* (botia macracantha) ×
— *B. hymenophysa* (botia hymenophysa) . ×

• *Famille des Cyprinidae.*
— *Barbus conchonius* (conchonius, barbus rosé) . . . . . ×
— *B. cumingi* . . . . . ×
— *B. ticto* . . . . . ×
— *B. everetti* . . . . . ×
— *B. hexazona* (sumatra) . . . . . ×
— *B. nigrofasciatus* (barbus nigro) . . . . ×
— *B. oligolepis* (barbus oligolépis) . . . . ×
— *B. partipentazona* . . . . . ×
— *B. tetrazona partipentazona* (barbus de Sumatra) . . . . . ×

— *B. tetrazona* et *B. tetrazona tetrazona* (barbus de Sumatra) . . . . . ×
— *B. pentazona* et *B. pentazona pentazona* ×
— *B. schuberti* (barbus schuberti) . . . . ×
— *B. semifasciolatus* . . . . . ×
— *Brachydanio rerio* (danio rerio) . . . . ×
— *B. albolineatus* (danio albio) . . . . . ×
— *B. nigrofasciatus* (danio analipunctatus) ×
— *Curassius auratus* (poisson rouge) 0
— *Danio malabaricus* (danio malabar) . . . ×
— *Labeo bicolor* (labeo) . . . . . ××
— *Rasbora dorsiocellata* (rasbora dorsiocellata) . . . . . ××
— *R. heteromorpho* (rasbora) . . . . . ××
— *R. maculata* (rasbora maculata) . . . . ××
— *R. trinileata* (poisson ciseau) . . . . . ××
— *Tanichthys albonubes* (tanichthys) . . . ×

• *Famille des Cyprinodontidae.*
— *Aphyosemion australe* (Cap Lopez) . . ××

• *Famille des Goliidae.*
— *Brachygobius xanthozona* (g o b i u s, abeille) . . . . . ××

• *Famille des Hemiramphidae.*
— *Dermogenys pusillus* (dermogenys pusillus) . . . . . ××

• *Famille des Loricariidae et des Gyrinocheilidae.*
— *Gyrinocheilus aymonieri* (gyrino, laveur suceur) 0
— *Loricaria parva* (loricaria parva) 0
— *Otocinclus* 0
— *Plecostomus* (pléco laveur, suceur) . . . 0

• *Famille des Monodactylidae.*
— *Monodactylus argentes* (monodactylus argentés) . . . . . ×

• *Famille des Nandidae.*
— *Badis badis* (badis) . . . . . ×

• *Famille des Poeciliidae.*
— *Lebister veticulatus* (guppy) . . . . . ××
— *Mollienesia sphenops* (black, black moucheté) . . . . . ××
— *M. lyre* (black lyse) . . . . . ××
— *M. latipinna* (black molly) . . . . . ××
— *M. velifera* (mollienesia velifera) . . . ××
— *Xiphophorus maculatus* (platy) . . . ××
— *X. variatus* (platy variatus) . . . . . ××
— *X. helleri* (xipho, porte-épée, porte-glaive) . . . . . ××

• *Famille des Scatophagidae.*
— *Scatophagus argus* (scato) . . . . . ×

• *Famille des Serramidae.*
— *Chanda lala* (ambassis lala) . . . . . ×××

• *Famille des Siluridae.*
— *Kryptopterus bicirrhis* (poisson de verre) . . . . . ××
— *Synodontis nigriventris* (synodontis nigriventris) 0

• *Famille des Tetraodontidae.*
— *Tetraodon fluviatilis* (tetraodon fluviatilis) 0

De ces observations, il ressort que la sensibilité semble être fonction de la famille des poissons et que, au

sein d'une famille, la sensibilité des espèces est peu variable.

b) *Facteurs favorables.*

Cette maladie est bien connue chez les marchands. Elle apparaît surtout après l'arrivage des poissons exotiques. Ils sont transportés en nombre important : par exemple, une cinquantaine de néons, dans de petits sachets en plastique de cinq litres contenant un tiers d'eau et gonflés avec de l'oxygène sous pression.

Les poissons exotiques, souvent capturés dans leur rivière d'origine par des chasseurs, arrivent « stressés », affaiblis par le voyage, et doivent s'accoutumer à leur nouvelle vie en aquarium.

Les marchands constatent fréquemment, dans la semaine suivant l'arrivée de ces poissons contaminés et affaiblis, l'apparition de la maladie.

Il est souvent observé que l'abaissement de la température de l'eau, le surpeuplement de l'aquarium, tout ce qui diminue la résistance des poissons sont des facteurs favorables au développement de la maladie.

Nous avons observé l'apparition de la maladie dans les eaux à pH basique 7,8 à 8,2 et de dureté variant de 15 à 28 unités. Toutefois, nous ne pouvons certifier que l'acidité de l'eau est au contraire un facteur freinant le développement.

3) *Mode de transmission*

La transmission se fait généralement par l'introduction dans l'aquarium d'un sujet malade ou, le plus souvent, d'un sujet infesté chez lequel la maladie est en incubation.

Il semble que le délai d'apparition de la maladie chez la majorité des poissons d'aquarium contaminés

puisse s'échelonner de deux à quatorze jours environ. Délai qui semble dépendre de la température, du volume de l'eau, de la densité du peuplement et du pourcentage d'espèces très sensibles.

La contamination peut avoir lieu uniquement par l'utilisation d'une épuisette souillée que l'on avait préalablement introduite dans un aquarium infesté.

De ces observations, il apparaît que la transmission de cette maladie est subtile.

Il est donc souhaitable de prévoir une épuisette par aquarium afin d'éviter toute contamination.

Étude anatomo-clinique

Les poissons atteints présentent sur le corps et les nageoires de petites vésicules en nombre variable gris blanchâtre, arrondies, saillantes, d'un demi-millimètre de diamètre environ, donnant l'impression que le poisson est saupoudré de semoule. L'attention de l'aquariophile est attirée par ces lésions.

Les poissons sont amorphes, nagent moins vite, se frottent contre le sable, les parois de l'aquarium, perdent leur appétit.

Si le poisson est maigre et parsemé d'une multitude de « points blancs », ses mouvements respiratoires sont augmentés en nombre et en amplitude, donnant l'impression qu'il a des difficultés respiratoires.

Tandis que certaines vésicules se rompent pour laisser place à des ulcères à bords nettement délimités, d'autres encore plus nombreuses semblent surgir du corps du poisson.

Parfois les nageoires, percées d'une multitude de trous provenant de la rupture des vésicules siégeant sur celles-ci, se brisent partiellement ou totalement.

Cela crée chez ces poissons des difficultés pour nager pouvant les épuiser physiquement et, de ce fait, hâter leur mort.

Évolution

Dès que les vésicules blanches sont apparues sur quelques poissons, la maladie va prendre un caractère explosif. Même si on enlève immédiatement les sujets atteints, les poissons réceptifs restant vont être complètement envahis par une multitude de vésicules gris blanchâtre dans les heures suivantes.

Il est nécessaire de traiter immédiatement, sinon la mortalité sera de 80 à 100 pour cent, selon le pourcentage d'espèces très ou peu sensibles, et surtout selon leur état d'embonpoint. Nous avons souvent remarqué que plus un poisson est gras, mieux il supporte la présence de ces petites vésicules qui le « rongent » et, de ce fait, nous avons davantage de temps pour intervenir.

Diagnostic

1) *Diagnostic clinique*

Il est fondé sur l'apparition de ces vésicules blanchâtres saillantes, donnant l'impression que le poisson est saupoudré de semoule.

2) *Diagnostic épidémiologique*

Allure hautement contagieuse de la maladie.

3) *Diagnostic expérimental*

Le microscope, au grossissement × 100, permet de mettre en évidence ce protozoaire cilié, sphéroïde ou ovoïde.

Traitement

Il est fondé sur la connaissance du cycle du parasite et sur l'utilisation de produits médicamenteux.

A. *Traitement fondé sur la connaissance du cycle du parasite*

Nous avons vu que le parasite adulte vivant sur le corps et les nageoires du poisson est relativement protégé du milieu extérieur par la présence de ce film épidermique créant cette vésicule.

Lorsque sa croissance, qui est fonction de la température de l'eau, est terminée, il quitte le poisson pour s'enkyster.

Il faudra donc élever la température jusque 28 °C et même 30-31 °C, si les poissons le supportent, afin d'accélérer cette maturation et cette libération.

Nous savons également que les formes jeunes ne peuvent vivre que trois jours à l'état libre et, périodiquement, des vésicules crèvent, laissant échapper les formes adultes qui se transforment en kyste et donnent naissance, en quinze heures, délai le plus bref, à ces formes jeunes infestantes.

Il suffit :

1° de hâter la libération des parasites en élevant la température de l'eau jusqu'à 30 °C. A cette température, la croissance des parasites est terminée en quarante-huit heures;

2° d'introduire périodiquement, toutes les douze heures, les poissons dans une eau saine pour éviter qu'ils soient réinfestés par les formes jeunes d'ichtyophtirius.

Cette méthode, théoriquement valable, nécessite la possession de trois aquariums.

• Le premier, dans lequel les poissons séjournent pendant douze heures.

• Le deuxième, contenant de l'eau nouvelle saine, oxygénée activement pendant douze heures par un bull-air pour favoriser l'élimination de l'hypochlorite de sodium, présentant une température de 30 °C.

• Le troisième, subissant pendant douze heures une bonne désinfection, suivie d'un séchage efficace permettant la destruction de ces parasites très sensibles à la déshydratation.

Ce transvasement périodique des poissons dans une eau saine, outre l'inconvénient de procurer un travail énorme, les « stresse » et les affaiblit.

B. *Traitement médicamenteux*

Nous avons procédé à des essais de traitement avec :

1) Dichlorhydrate de chloro - 3 - [(diéthylamino - 4 - méthyl - 1 - butyl) amino] 9 - méthoxy - 7 - acridine méracrine. Vendu sous le nom déposé « Quinacrine ».

Sur un lot infesté comprenant : cinq guppys, deux scalaires, trois xiphos, quatre plattys.

Nous avons dissous deux comprimés et demi dosés chacun à 0,10 gramme, dans un volume de 50 litres d'eau à 30 °C afin d'obtenir la concentration indiquée dans certain ouvrage, c'est-à-dire 5 milligrammes par litre d'eau. Tous les poissons, sauf les scalaires, au bout de douze heures, présentaient des signes d'intoxication. Leurs mouvements respiratoires étaient accélérés; certains sujets étaient sur le dos et soudainement ils nageaient rapidement pour reprendre leur position normale. Mais ils buttaient contre les vitres et perdaient leur équilibre.

Nous avons replacé les poissons intoxiqués dans une

eau saine, mais quatre guppys, deux xiphos, deux platys succombèrent.

Pour contrôler l'efficacité de la quinacrine, nous avons observé au microscope un râclage du corps et des nageoires des poissons morts intoxiqués. Nous avons constaté que les parasites étaient encore bien vivants et qu'ils n'étaient pas incommodés par la présence de quinacrine.

Nous avons refait l'expérience sur un guppy placé dans une solution de quinacrine de concentration 25 mg par litre. Au bout d'une heure, le poisson présenta périodiquement une excitation se traduisant par une nage rapide et incontrôlée.

2) Diiodohydroxyquinoléine, vendue sous le nom déposé de « Direxiode ». Spécialité humaine prescrite par l'amibiase intestinale, la trichomonose, la dysenterie, à raison de 3 comprimés dosés chacun à 21 centigrammes dans un volume de 10 litres d'eau. Nous n'avons obtenu aucun résultat. Toutefois, nous ne pouvons juger de son efficacité contre ichtyophirius car elle est peu soluble dans l'eau.

3) Acide acétamino - 3 - hydroxy - 4 - benzène arsenique, vendu sous le nom déposé « Stovarsol », à raison d'un comprimé dosé à 0,01 gramme pour 10 litres d'eau.

Nous avons pensé à utiliser le stovarsol du fait de son activité envers le protozoaire cilié, *Balandidium coli*, déterminant chez l'homme une dysenterie balandidienne, chez le porc une entérite avec ulcération.

Nous avons donc placé huit guppys atteints dans cette concentration. Pendant les trois premiers jours du traitement, aucune vésicule nouvelle n'est apparue, certaines même disparaissaient. Malheureusement, le quatrième jour, de nouvelles vésicules réapparurent en grand nombre. Nous avions pensé que la concentration

était trop faible. La dissolution de deux nouveaux comprimés dans les 10 litres d'eau ne permit pas de faire régresser les symptômes de la maladie.

Nous pouvons déduire de cette étude :

a) que le stovarsol semble stabiliser l'évolution de la maladie pendant quelques jours. Peut-être serait-il efficace au début de la maladie;

b) qu'il n'est pas toxique pour les guppys placés pendant six jours dans une solution dont la concentration est 0,03 gramme pour 10 litres d'eau.

4) Dichlorhydrate du chloraméthoxyacridyl aminodiéthylamino propanol, vendu sous le nom déposé : « Acranil », par la firme Bayer. Ce produit est prescrit dans la lambliase — maladie due au protozoaire flagellé lamblia appartenant à la famille des Octomitidés, c'est-à-dire protozoaire possédant huit flagelles. C'est la raison pour laquelle nous avons pensé qu'il serait peut-être actif pour *Ichthyophtirius multifiliis.*

Expérience I.

Faite sur un lot de huit guppys : trois mâles et cinq femelles placés dans un aquarium de 10 litres d'eau à température constante de 25 °C et atteints d'ichtyophtiriose depuis huit jours.

Nous avons dissous demi-comprimé, dosé chacun à 0,1 gramme de principe actif, dans un litre d'eau dont la température était voisine de 35 - 40 °C, en le roulant entre les doigts. En effet, la solubilité de ce produit n'est pas immédiate, elle est fonction du volume d'eau et surtout de sa température. Nous avons ajouté à cette solution 9 litres d'eau pour obtenir la concentration désirée : demi-comprimé pour 10 litres d'eau, soit 50 milligrammes de principe actif pour 10 litres d'eau.

A notre grande surprise, après quarante-huit heures de traitement, on observa une nette régression du nombre des vésicules, aucune nouvelle apparition et, six jours après le début du traitement, les poissons étaient guéris.

Nous étions pleinement satisfait car il nous semblait que le médicament :

a) stoppait l'évolution de la maladie et même qu'il la faisait régresser;

b) n'était pas toxique. Nous avions maintenu ces huit guppys pendant quinze jours dans une solution dont la concentration était de 50 milligrammes pour 10 litres d'eau sans qu'aucun symptôme d'intoxication immédiate n'apparaisse.

Expérience II.

Faite sur un lot de :

— cinq black molly,
— deux néons,

placés dans un aquarium de 18 litres d'eau à 25 °C.

Confiant dans la non-toxicité de ce produit, nous avions dissous 50 milligrammes dans un litre d'eau à 35-40 °C, solution que nous avions versée dans l'aquarium. Au bout d'une demi-heure, nous avons constaté qu'un néon était mort et que l'autre présentait des symptômes alarmants d'intoxication : il se tenait sur le dos, ses mouvements respiratoires étaient rapides et saccadés.

Les black molly présentaient une nage parfois rapide, incontrôlée, et des mouvements respiratoires rapides. Nous les avons immédiatement retirés d'une telle solution et les avons placés dans une autre dont la concentration plus faible était de 25 milligrammes pour 18 litres d'eau.

A cette concentration, un black molly est mort et les quatre autres ont survécu.

Au bout de quatre jours de traitement, nous avons observé la disparition de la majorité des points blancs.

La guérison totale ou subtotale fut constatée au bout de huit jours (seul un poisson présentait encore un seul point blanc qui disparut au bout de quatorze jours).

De cette expérience, nous avons retenu que :

a) le seuil de toxicité d'acranil est inférieur pour les black molly et les néons cardinalis. Il ne faut pas dépasser la concentration de 25 milligrammes pour 18 litres d'eau sous peine de provoquer une mort rapide par intoxication;

b) nous n'obtenons pas une disparition de toutes les vésicules en quarante-huit heures, il faut attendre parfois huit jours;

c) la guérison semble être conditionnée par l'état d'embonpoint du sujet. Comme les vésicules ne disparaissent pas immédiatement, seuls guérissent définitivement les sujets qui ont résisté six jours.

Expérience III.

Dans une solution de 25 milligrammes d'acranil pour 18 litres d'eau à 25 °C, oxygénée constamment par un bull-air, nous avons introduit deux néons cardinalis très atteints par la maladie.

Ils supportèrent cette concentration pendant quinze minutes, mais, passé ce délai, ils présentèrent des signes d'intoxication : nage rapide, incoordonnée, saccadée, troubles de l'équilibre, respiration haletante. Alors, nous les avons enlevés immédiatement pour les placer dans une solution dont la concentration était de 10 milligrammes environ pour 18 litres d'eau.

Ces néons supportèrent aisément cette concentration. Nous avons ensuite introduit neuf guppys, neuf xiphos, quatre black mollys sains, que nous avons laissé pendant quinze jours en présence de ces néons fortement atteints, dans le but de voir si le produit empêchait une contamination. Aucun d'entre eux ne présenta des vésicules. Nous les avons ensuite mis dans un aquarium d'ensemble contenant 80 litres d'eau saine et une trentaine de poissons. Ces poissons, ayant été en contact des deux néons pendant quinze jours dans une solution traitante, ne transmirent pas la maladie dans l'aquarium d'ensemble.

Des deux néons, un seul guérit : celui qui était « le plus gras »; le plus atteint, qui était fort maigre, mourut au bout de quarante-huit heures, mais nous avons laissé son cadavre dans l'aquarium pendant six jours pour permettre une éventuelle contamination des voisins.

De cette expérience, nous pouvons déduire que :

a) les poissons d'aquarium présentent une sensibilité vis-à-vis de l'acranil variable selon leur espèce : le seuil de sensibilité des néons (concentration de 10 milligrammes pour 18 litres d'eau) est inférieur à celui des black molly (concentration de 25 milligrammes pour 18 litres d'eau), lequel est inférieur à celui des guppys (concentration de 50 milligrammes pour 10 litres d'eau) ;

b) acranil, a une concentration de 10 milligrammes de principe actif pour 18 litres d'eau, empêche la contamination des poissons qui sont en contact avec les malades.

Expérience IV.

Nous avons laissé pendant quinze minutes six néons cardinalis atteints d'ichtyophtiriose dans une solution de 10 milligrammes de principe actif d'acranil dans trois

litres d'eau. Puis, nous avons rajouté 15 litres d'eau pure à 25 °C pour obtenir la concentration optimale (10 milligrammes pour 18 litres d'eau), évitant l'apparition de signes d'intoxication chez les néons, et introduit en même temps dans ce milieu infesté : six guppys, cinq xiphos, quatre plattys berlinois, trois black molly sains, que nous laissâmes quinze jours.

Nous constatâmes que :

a) les poissons sains ne furent pas contaminés;

b) quatre néons seulement survécurent. Les deux néons qui étaient « plus atteints » et « plus maigres » présentèrent des mouvements respiratoires très accélérés et moururent en quarante-huit heures;

c) il fallut attendre quatre jours pour obtenir une évolution favorable vers la disparition de 50 pour cent environ des vésicules et quinze jours pour celle de la totalité.

Expérience V.

Dans un aquarium d'ensemble de 80 litres contenant : quatre scalaires noirs, quatre scalaires voilés, deux acanthophtalmus (kuhli), huit néons cardinalis, sept platty berlinois, nous avons introduit dix guppys apparemment sains, mais provenant d'un aquarium où l'ichtyophtiriose sévissait à l'état sporadique. Pendant dix jours, nous ne remarquâmes aucune contamination; mais, vers les treizième - quatorzième jours environ, un guppy présenta quelques vésicules blanches sur le corps. Nous le laissâmes et nous n'entreprîmes pas de traitement immédiat. Deux jours après, deux néons présentèrent sur leur corps et leurs nageoires des vésicules. Nous avons alors dissous 33 milligrammes de principe actif d'acranil et débranché le filtre sous sable. Au bout de quatre jours, les néons furent guéris et le nombre de vésicules du

guppy régressa. Nous avons alors fait la bêtise de remettre le filtre en marche; cela eut pour conséquence une absorption du produit par le sol de l'aquarium et peut-être par le charbon du filtre : huit jours après, quatre autres guppys, un platty berlinois et un néon furent atteints. Nous avons redissous 33 milligrammes : cinq jours de traitement permirent de faire disparaître les vésicules chez les néons et le platty berlinois, d'empêcher l'apparition de la maladie chez les scalaires, néons, plattys, les kuhli; mais, chez les guppys, la guérison totale ne fut pas obtenue et les plus maigres d'entre eux (deux) moururent.

De cette expérience, on peut conclure que :

a) l'acranil permet d'éviter la contamination des sujets sensibles;

b) il serait souhaitable de retirer les sujets atteints et de les placer, selon leur espèce, dans une solution d'acranil à la concentration adéquate et de laisser les individus contaminés dans l'aquarium d'ensemble à concentration de 10 milligrammes de principe actif d'acranil pour 18 litres d'eau;

c) qu'il faut s'abstenir de maintenir les poissons plus de quinze jours dans une solution traitante car des signes d'intoxication peuvent apparaître un mois après le traitement (le poisson devient légèrement jaune).

Expérience VI.

Nous avons mis sur une lame deux nageoires caudales de néon cardinalis présentant chacun deux vésicules gris blanchâtre. Nous avons ajouté sur la lame quelques gouttes d'une solution traitante à la concentration de 10 milligrammes d'acranil pour 100 millilitres d'eau et avons observé au microscope les réactions des ichtyophtiriis. Nous avons opéré sur des témoins placés dans de

l'eau pure et avons constaté qu'ils restèrent vivants pendant plus de quatre-vingt-dix minutes.

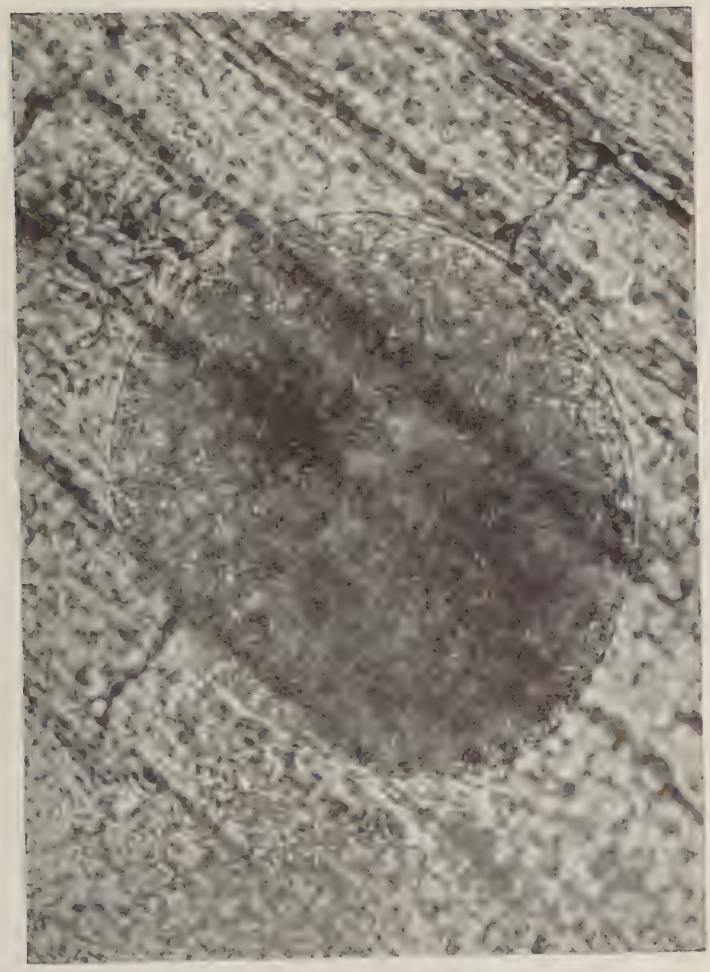
Pendant les quinze premières minutes, les parasites semblaient ne pas être incommodés par le produit : leurs nombreuses vacuoles, leurs cils périphériques étaient en perpétuel mouvement. Ils se déplaçaient constamment par mouvement rotatif à l'aide de leurs cils vibratiles ou par mouvement amiboïdien en déformant leur morphologie.

Au bout de vingt minutes, les formes petites présentèrent un ralentissement de leur déplacement et des vibrations de leurs cils. Au bout de vingt-cinq minutes, leurs cils et leurs vacuoles cessèrent d'être en mouvement. Le cytoplasme devint plus visible et se colora brusquement en jaune (couleur de l'acranil) : ces formes petites étaient mortes tandis que les formes adultes restaient en pleine activité. Il fallut attendre quarante-cinq minutes pour que ces dernières présentent un affaiblissement brutal des vibrations de leurs cils, une coloration jaune du cytoplasme et un arrêt brusque des mouvements des vacuoles : elles étaient à leur tour mortes. Deux d'entre elles éclatèrent par rupture de la membrane extérieure et laissèrent bien visible le noyau en forme de fer à cheval.

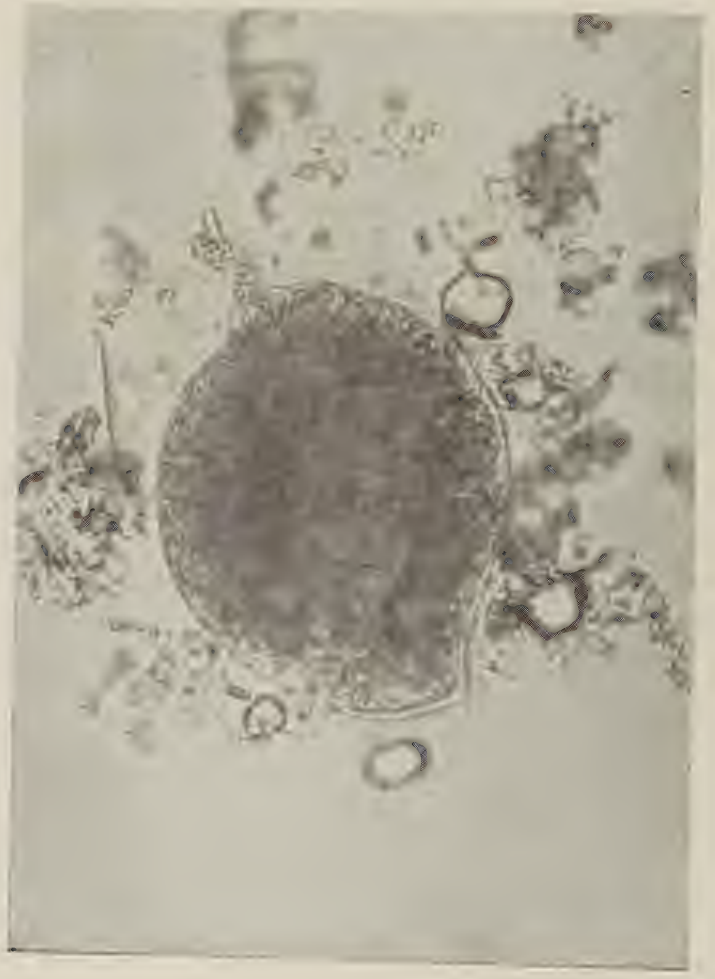
Comme il y a un temps de latence variable selon la taille des parasites, on pourrait penser que, pour être actif, le produit doit être absorbé par le parasite.

Dès que le produit a pénétré dans l'organisme, il le colore en jaune et provoque l'immobilité des vacuoles, des cils et la mort des parasites, qui peuvent éclater par phénomène d'osmose et libérer leurs éléments constitutifs dans le milieu.

Nous avons photographié l'évolution de l'action de l'acranil sur les parasites.



Ichthyophtirius multifiliis



Ichthyophtirius, dont la cuticule est rompue partiellement.

Ichthyophtirius éclaté.
On remarque le macronucléus qui est très visible.

Prophylaxie

Après chaque achat, il faudra placer les nouveaux en quarantaine dans un aquarium destiné à cet effet : eau à 28 °C, qui accélère le cycle de l'ichtyophtirius.

Cela permet, d'une part, l'extériorisation rapide des maladies en incubation chez eux, qui apparaissent du fait de la diminution de la résistance de l'organisme par le voyage; d'autre part, l'acclimatation de ces poissons, qui sont le plus souvent capturés dans leur rivière natale par des chasseurs, à leur vie en captivité.

S'ils présentent des « points blancs », il faudra les traiter. Toutefois, il n'est peut-être pas bon d'utiliser l'acranil à titre prophylactique car nous ne savons pas s'il présente un effet néfaste pour la reproduction.

Chapitre II

•

ESSAI DE TRAITEMENT

PAR LE DICHLORHYDRATE DU CHLORORÉTHOXYACRIDYL-AMINODIÉTHYLAMINO - PROPANOL DES POISSONS ATTEINTS PAR « PISCICOLA GEOMETRA »

Dans notre élevage amateur d'alevins guppys, nous avons constaté à deux reprises la présence d'Hirudinés : *Piscicola geometra* ou sangsue des poissons.

Symptômes

Les nageoires caudales des alevins, au lieu d'être en forme d'éventail, étaient en forme de fer de lance.

On pouvait distinguer sur les nageoires pectorales des éléments blanchâtres. Les alevins nageaient difficilement et certains mouraient d'épuisement physique : en effet, les sangsues, en forme de cylindre allongé, munies d'une ventouse en cloche à chaque extrémité, sucent le sang et gênent les mouvements des nageoires à la surface réduite.

Traitement

Sur un lot de quinze alevins, nous avons contrôlé au microscope la présence de nombreuses sangsues sur le corps et les nageoires. Nous leur avons ensuite fait subir un traitement par l'acranil à la concentration de 10 milligrammes pour 200 millilitres d'eau pendant trois minutes. Il est absolument déconseillé de les laisser pendant un temps supérieur sous peine d'observer une mortalité par intoxication.

Le contrôle au microscope de ces alevins ainsi traités a permis de constater la disparition totale des sangsues, qui étaient auparavant « collées » sur leur corps et leurs nageoires.

Nous avons refait cette expérience sur trois autres lots d'alevins guppys et avons obtenu chaque fois un succès total.

DEUXIÈME PARTIE

HYGIENE DE L'AQUARIUM

Introduction

Au départ, mal conseillé et trop impatient, nous avons connu de nombreux déboires. Aussi, maintenant, en possession de toutes les données du problème, nous comprenons davantage l'évolution qui se produit dans un aquarium d'ensemble. Évolution dont le résultat final est ce qu'il est convenu d'appeler l'« état d'équilibre ».

Ce dernier se reconnaît à des traits caractéristiques et précis des différents composants de l'aquarium. Tout d'abord, plantes et poissons présentent un degré de croissance optimum. Ensuite l'eau de l'aquarium reste limpide et inodore. Élément important à ne jamais oublier, ce monde clos, délimité par des parois de verre, est vivant et, comme tel, il possède sa dynamique propre.

Dans le cadre de l'« *Hygiène de l'aquarium* », nous allons procéder à l'analyse successive et systématique de l'intervention de la densité de peuplement de l'aquarium, du filtrage, pH et titre hydrotimétrique de l'eau.

Nous allons étudier également le rôle important de l'éclairage et du sol sur la croissance des plantes, dont

leur rôle essentiel est d'éviter l'accumulation de déchets azotés.

Tous ces éléments : densité de peuplement, eau, sol, plantes, éclairage, gastéropodes, sont interdépendants et contribuent à l'élaboration de l'« *Hygiène de l'aquarium* ».

Choix de l'aquarium

La première question qui se pose est de savoir quel aquarium choisir. Il en existe plusieurs sortes :

a) des aquariums en montures métalliques :
— aquariums en cornière – de fer,
– de cuivre nickelé,
– chromés;

b) des aquariums en verre collé;

c) des aquariums en plastique.

Évidemment, le choix est fonction de leur prix; mais il est souhaitable et même nécessaire que l'aquarium offre une contenance égale ou même supérieure à cent litres d'eau.

Le premier mouvement du néophyte est de vouloir posséder une grand nombre d'espèces de poissons exotiques. L'aquarium sera vite surpeuplé, le code biologique sera perturbé et les catastrophes ne tarderont pas à se déclencher. Dans un aquarium de 100 litres, une trentaine de poissons de taille moyenne (5 - 6 cm) peuvent être introduits. Certaines normes de peuplement sont à respecter impérativement. Ainsi, dans huit litres d'eau, il faut au minimum un poisson et, dans tous les cas, il faut réserver impérativement 3 litres d'eau à chaque animal.

Donc, si l'aquarium est grand, on peut posséder un

nombre important de poissons sans rompre l'équilibre. Il est à savoir que plus le volume d'eau est important, plus les fluctuations de température, les pollutions de l'eau par les excrétions des poissons et les aliments non consommés se feront de façon moins brutale, et les éléments épurateurs, comme les plantes, auront le temps de jouer leur rôle en absorbant les nitrates, l'ammoniaque, qui s'accumulent dans l'eau.

Après examen de la question, il semble que la forme rectangulaire soit la plus favorable, compte tenu de certaines mesures à respecter impérativement.

L'aquarium doit présenter une surface libre importante. Ainsi les échanges gazeux entre l'eau et l'air se réaliseront plus facilement. En effet, la quantité d'eau oxygénée par le contact avec l'oxygène de l'air sera plus importante et le gaz carbonique quittera plus facilement l'eau de l'aquarium. Une largeur de 40 à 50 centimètres donnera une impression de profondeur et l'esthétique ne pourra qu'y gagner.

Parfois, pour donner une illusion d'optique de profondeur, un miroir est placé derrière l'aquarium. Cette pratique ne semble pas convenir aux poissons. On a remarqué que les femelles en état de gestation, placées dans de tels aquariums, avortent fréquemment. La hauteur de l'aquarium ne doit pas être excessive afin de permettre à l'éclairage artificiel d'agir avec efficacité sur la croissance optimum des plantes. Il semble qu'une hauteur moyenne de 50 centimètres soit idéale. Comme les poissons se tiennent de préférence à la surface, cherchant à respirer l'air de l'atmosphère, une hauteur excessive aurait pour résultat un effet esthétique désastreux par non-fréquentation d'une zone importante, les animaux désertant un large espace du bas de leur demeure.

D'autre part, l'eau des parties supérieures est toujours plus chaude que celle du fond. Si la hauteur est

considérable, il se produit une différence de température trop importante entre les différents niveaux, qui peut être préjudiciable à la santé des poissons. On y remédie en plaçant un diffuseur de bulles d'air, qui donne lieu à un brassage de l'eau, favorise l'équilibre de la température, oxygène constamment le liquide et produit un effet esthétique non négligeable. La quantité d'oxygène dissous dans l'eau est fonction de la température.

Il y a :

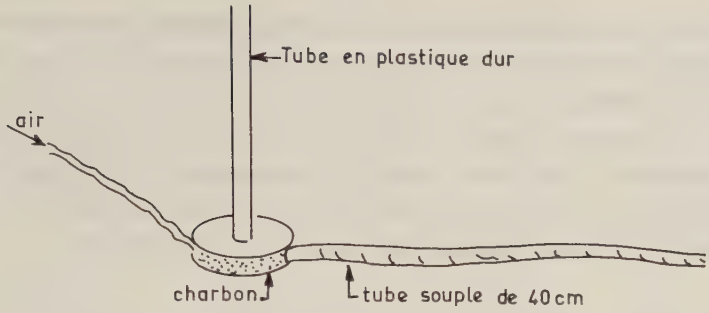
7,3 cm^3 d'oxygène dissous dans 1 litre d'eau dont la température est de 5 °C
5,7 cm^3 d'oxygène dissous dans 1 litre d'eau dont la température est de 15 °C
4,9 cm^3 d'oxygène dissous dans 1 litre d'eau dont la température est de 20 °C
4,1 cm^3 d'oxygène dissous dans 1 litre d'eau dont la température est de 25 °C

Ce tableau nous montre que la réserve d'oxygène dissous dans l'eau à 25 °C est faible, d'où l'utilité d'un diffuseur de bulles d'air.

Il ne faudra pas oublier de placer au-dessus de l'aquarium une vitre perforée de deux trous pour laisser pénétrer l'air. Cette vitre permet à la vapeur d'eau de se condenser; cela contribue à diminuer les pertes par évaporation et à créer au-dessus de la surface une atmosphère humide et chaude, fort appréciée des poissons.

Le filtrage de l'eau

De tous les modèles de filtres que l'on trouve dans le commerce, le meilleur et le moins onéreux semble être le filtre sous sable.



Il est composé d'un tube souple long de 40 centimètres environ, de 1,5 centimètre de diamètre et strié de petites fentes. Ce tube, placé sous une couche épaisse de sable à gros grain, aboutit à une petite boîte renfermant du charbon actif et pourvue d'un tube en plastique dur vertical qui sort de 1,5 à 2 centimètres au-dessus du niveau de l'eau.

De l'air est envoyé sous pression à l'aide d'un vibreur à la base du tube vertical en plastique dur. Les bulles d'air, en remontant vers la surface, déterminent dans cet exhausteur une dépression et entraînent une colonne d'eau qui monte vers le haut et se déverse en surface. Il y a un appel d'eau provenant du tube placé sous le sable, eau qui se trouve filtrée par passage à travers une épaisse couche de sable et par les grains de charbon actif. Cette aspiration permet au sable de s'enrichir des excréments des poissons, des débris alimentaires.

Ces matières organiques, emprisonnées dans un substrat constamment aéré par un courant d'eau saturé en oxygène, vont subir l'action des bactéries aérobies. Ces bactéries nitrosantes et nitrifiantes vont assainir l'eau en transformant les produits ammoniacaux et les nitrites, toxiques lorsqu'ils sont en trop grande quantité, en nitrates assimilables par les plantes.

Ce filtrage contribue à l'équilibre de la température de l'eau : il y a absorption de l'eau du fond de l'aqua-

rium dont la température est légèrement inférieure à celle des couches supérieures, qui est ensuite déversée à la surface.

Il crée également un courant d'eau fort apprécié des poissons. Cela leur donne l'impression de se trouver dans une rivière et parfois ils remontent ce léger courant et s'immobilisent au niveau du déversoir.

L'eau

L'eau représente une solution dans laquelle de nombreuses substances minérales, organiques, gazeuses se sont dissoutes. La quantité et la qualité de ces substances dissoutes, déterminées par la mesure du pH et du TH (titre hydrotimétrique), dépendent essentiellement de la nature du sol traversé par cette eau.

Dans les revues aquariophiles, on attribue une importance considérable aux valeurs du pH et du TH de l'eau de l'aquarium.

Certains proposent d'acidifier l'eau : par exemple, abaisser le pH de 7,4 à 6,8 à l'aide de phosphate acide de soude. D'autres proposent d'alcaliniser le milieu aquatique : par exemple, faire passer le pH à une valeur supérieure par adjonction de bicarbonate de soude.

Certains ouvrages conseillent d'utiliser de l'eau déminéralisée dont le titre hydrotimétrique est faible, aux environs de 5,10. Il a été souvent observé que certains poissons, pour se reproduire, ont besoin de leurs conditions optima de pH et de TH. Il est certain que, pour cet objectif, les notions de pH et de TH doivent être présentes à l'esprit.

Pour un aquarium d'ensemble, dont le but est de réunir plusieurs espèces afin d'obtenir une meilleure esthétique, il est difficile de placer tous les habitants

dans les meilleures conditions. Il est donc préférable de ne pas intervenir intempestivement sur les valeurs du pH et du TH lorsque celles-ci sont comprises entre les valeurs tolérées.

1) *Le pH de l'eau*

Principe.

La notion de pH unit les deux initiales des mots : puissance et hydrogène. Elle désigne la concentration d'une solution en ion hydrogène pH = log 1 / (H^+).

Le pH d'une eau est égal au logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion H^+. Le pH d'une solution est représenté par un chiffre qui s'échelonne de 1 à 14 : le pH 7 est le pH d'une solution neutre. Une solution, dont la valeur du pH est supérieure à 7, est alcaline. Une solution acide est caractérisée par une valeur de pH inférieure à 7.

L'eau est une solution d'électrolytes formant un système tampon. Le pH de l'eau dépend de la teneur en acide carbonique, en acide humique et de la minéralisation globale représentée essentiellement par le carbonate de calcium. L'acide carbonique dissous dans l'eau se combine au carbonate de calcium pour former le bicarbonate de calcium soluble; il en résulte une augmentation du pH.

Mesure.

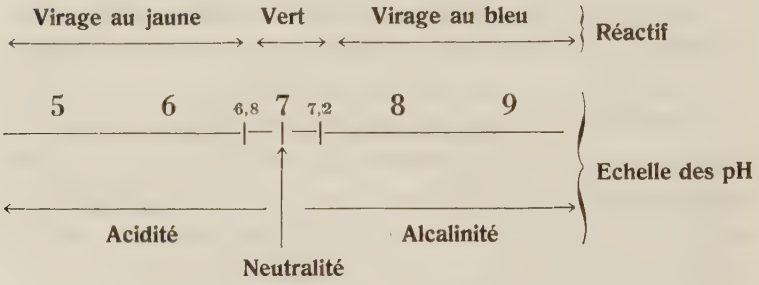
Le pH d'une eau peut être mesuré par la méthode colorimétrique : on verse un nombre donné de gouttes de bleu de bromothymol dans une certaine quantité d'eau. Après avoir bien mélangé, on compare la couleur obtenue à celles des étalons :

— Si l'eau est acide, elle présentera une teinte plus ou moins jaune, selon le degré d'acidité.

— Si elle est neutre : pH très voisin de 7, elle deviendra verte.

— Si elle est alcaline, elle sera plus ou moins bleue, selon le degré d'alcalinité.

Nous pouvons résumer cette méthode colorimétrique sur l'échelle des pH :



Cette méthode est peu précise, elle ne donne qu'une valeur approximative du pH de l'eau de l'aquarium. Elle sera réservée aux amateurs.

En aquariophilie, on a coutume de dire qu'une eau dont le pH est inférieur à 6,8 est acide :

— S'il est compris entre 7 et 6,8, elle est légèrement acide.

— S'il est égal à 7, c'est une eau neutre.

— S'il est compris entre 7,1 et 7,4, celle-ci est légèrement alcaline.

— S'il est compris entre 7,4 et 7,8, elle est alcaline.

— Enfin, si celui-ci est supérieur à 7,8, elle est très alcaline.

Nous avons mesuré le pH de l'eau de nos aquariums d'expérience à l'aide du pH-mètre.

Principe.

Le pH-mètre est un dispositif électrométrique qui permet de mesurer la différence de potentiel entre une électrode de référence (électrode calomel en solution saturée de chlorure de potassium) et une électrode de mesure (électrode en verre).

La différence de potentiel entre ces deux électrodes plongeant dans l'eau à analyser est une fonction linéaire du pH de celle-ci. La mesure de cette différence de potentiel est effectuée à l'aide du pH-mètre dont le cadran du galvanomètre est gradué directement en unités pH.

Avant chaque mesure de l'eau de nos aquariums, nous avons pris soin de vérifier la bonne marche de l'appareil. Nous avons soigneusement contrôlé que le pH affiché sur le cadran du galvanomètre était identique à celui de la solution étalon. (Précision TUFFER, solution type S 1 500, dont le pH est de 6,841 ± 0,005 à 37 °C.)

Expériences.

Nous avons effectué nos expériences sur deux aquariums de la Station de pisciculture de l'École nationale supérieure agronomique de Toulouse, où nous avons été très aimablement accueilli et conseillé par son Directeur, M. le Professeur SECONDAT, et par son collaborateur M. QUILLET.

L'aquarium 1 mesure : 95 cm de long,
41 cm de haut,
41 cm de large.

L'aquarium 2 mesure : 110 cm de long,
41 cm de large,
40 cm de haut.

Les deux aquariums, placés dans un local sombre, sont soumis à un programme d'éclairage de douze heures par jour, réparti de la façon suivante :

— de 6 heures à 12 heures : éclairage,
— de 12 heures à 14 heures : obscurité,
— de 14 heures à 20 heures : éclairage,
— de 20 heures à 6 heures : obscurité.

L'aquarium 1 est éclairé à l'aide d'un tube fluorescent Philips TL 40 watts *blanc brillant de luxe* (longueur de 120 cm, diamètre de 3,7 cm, puissance 40 watts) placé à 15 centimètres de la surface de l'eau.

L'aquarium 2 est éclairé à l'aide de trois sources lumineuses matérialisées par trois lampes à incandescence totalisant une puissance de 240 watts, placées à 15 centimètres de la surface de l'eau.

Aucune vitre ne se trouve entre les sources lumineuses et la surface de l'eau afin d'éviter l'absorption des radiations ultra-violettes. Les aquariums n'ayant pas de couvercle, l'évaporation de l'eau est importante. Nous avons donc rajouté tous les quinze jours un dixième environ du volume d'eau, soit 16 litres, provenant de la réserve d'eau de source de la station. Cette eau présentait un pH variant entre 7,2 et 7,6 et un TH variant entre 15 et 20 degrés.

Nous avons effectué périodiquement, tous les quinze jours, des prélèvements d'eau vers 12 heures, c'est-à-dire après cinq à six heures d'éclairage.

Ces aquariums sont constamment aérés à l'aide d'un bull-air et leur contenu filtré à l'aide d'un filtre sous sable. Le sol est constitué par du sable de la Garonne. L'aquarium est planté de sept bouquets de plantes placés de façon linéaire :

1) Bouquet de Bacopa.
2) Bouquet de Cabomba.
3) Bouquet de Bacopa.
4) Bouquet de Scirpus.
5) Bouquet de Bacopa.
6) Bouquet de Cabomba.
7) Bouquet de Bacopa.

La Bacopa.

C'est une plante aquatique de la famille des Scrophulariacées, qui convient très bien pour des aquariums maintenus à des températures chaudes (18 à 25 °C).

La *Bacopa caroliniana* est une des meilleures plantes d'aquarium par sa rusticité. Elle pousse facilement sur un sol pauvre constitué par du sable du Rhin, mais nécessite un éclairage excellent. Elle profite au plus haut point de l'éclairage fluorescent, type blanc brillant de luxe de Philips. Les feuilles sont veloutées, opposées et dépourvues de pétioles. Le limbe, assez épais, légèrement lancéoloé, d'une couleur verte translucide, est inséré directement sur la tige.

La Cabomba carioliniana.

C'est une plante aquatique de la famille des Nymphéacées. Ses feuilles, profondément divisées en segments filiformes, lui donnent l'aspect de petits éventails. Cette plante est très appréciée des aquariophiles pour ses qualités de décoration. Mais elle est souvent dévorée par les poissons. On peut pallier cet inconvénient en donnant à manger aux poissons, tous les jours, une ou deux feuilles d'épinard ébouillantées. Cette plante s'épanouit sous un éclairage abondant et dans un sol riche.

Le Scirpus.

Cette plante aquatique convient à des aquariums

maintenus à des températures chaudes : 16 à 25 °C. Elle nécessite pour sa croissance un éclairage normal et est indifférente à la qualité du sol. Elle ressemble à des joncs très minces plantés en bouquet. Ses éléments s'étalent à la surface de l'eau comme des cheveux.

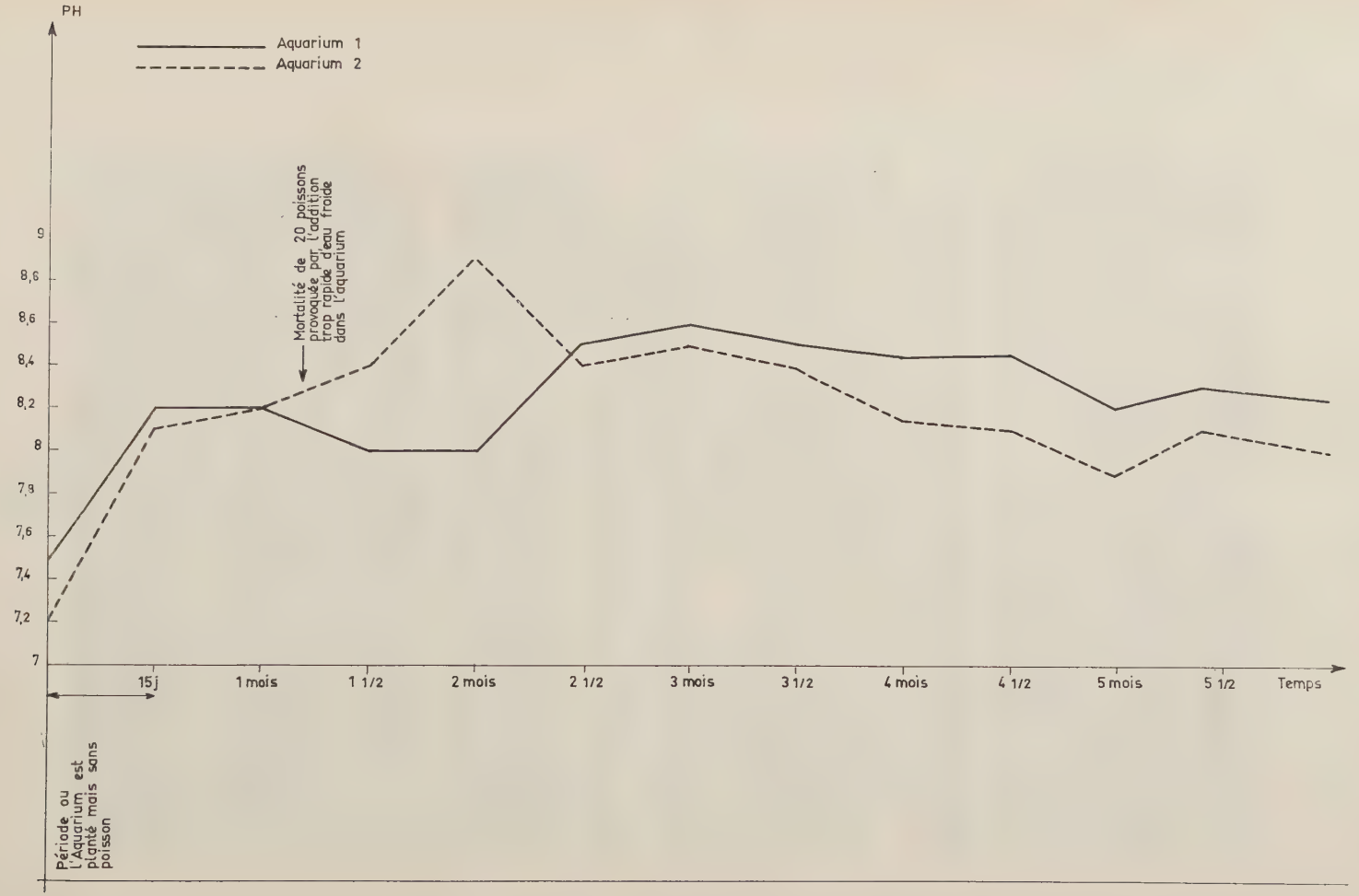
Nous avons laissé quinze jours les aquariums vides, c'est-à-dire simplement plantés et peuplés de limnées et physas et constamment aérés par le bull-air pour favoriser l'élimination d'hypochlorite de soude.

Puis nous avons introduit dans chaque aquarium une quarantaine d'alevins guppys et une dizaine d'alevins platty berlinois (poissons vivipares vivant dans une eau calcaire).

Nous avons enregistré les résultats de nos expériences sur des diagrammes.

Diagramme du pH.

En abscisse : le temps par intervalles de quinze jours.
En ordonnée : les valeurs du pH.


PH
Aquarium 1
Aquarium 2
Mortalité de 20 poissons provoquée par l'addition trop rapide d'eau froide dans l'aquarium
9
8,8
8,6
8,4
8,2
8
7,8
7,6
7,4
7,2
7
15 j
1 mois
1 1/2
2 mois
2 1/2
3 mois
3 1/2
4 mois
4 1/2
5 mois
5 1/2
Temps
Période ou l'Aquarium est planté mais sans poisson

A la lecture du diagramme des pH, nous constatons que le pH de l'eau de l'aquarium n'a jamais la même valeur. L'aquarium n'est donc pas un milieu statique, mais un milieu dynamique.

Nous remarquons qu'au bout d'une période de quinze jours l'eau des aquariums plantés, constamment aérés et filtrés, mais non peuplés de poissons, présente une augmentation du pH.

Pour l'aquarium 1, le pH passe de 7,5 à 8,2.
Pour l'aquarium 2, le pH passe de 7,2 à 8,1.

Nous constatons, à la lecture du diagramme, des variations légères, mais constantes, du pH de l'eau, qui tend à reprendre la valeur observée après les quinze jours de repos.

L'aquarium 1 présente au bout de six mois un pH de 8,25.
L'aquarium 2 présente au bout de six mois un pH de 8.

Nous pouvons remarquer une augmentation importante du pH de l'eau de l'aquarium 2 atteignant une valeur de 8,85, suite à une mortalité de vingt poissons environ, provoquée par une addition trop rapide d'eau froide.

Sans aucune intervention, le pH de l'eau diminua et reprit sa valeur initiale au bout d'un mois et demi.

De ces expériences, on peut conclure que l'eau d'un aquarium ne conserve jamais son pH d'origine. Celui-ci subit des fluctuations importantes, avec le temps, il évolue vers l'alcalinité et se stabilise vers une valeur voisine de 7,8 - 8,2 dans un aquarium en état d'équilibre — sans aucun préjudice pour la santé des poissons. Cet état d'équilibre biogénétique dépend de nombreux facteurs appliqués à l'aquarium : nature du sol,

état de plantation, peuplement, lumière, chaleur constante, oxygénation, filtrage. L'intervention de tant de facteurs montre combien il est délicat d'intervenir de façon efficace sur l'un d'entre eux. Il est donc très intéressant de contrôler le pH de l'eau de l'aquarium. Il nous renseigne sur l'évolution de l'état hygiénique de l'aquarium.

Il est reconnu que toute tendance à l'acidité (pH inférieur à 6,8) dénote un mauvais équilibre biologique. L'eau devient blafarde, jaunâtre. Les plantes voient leur croissance fortement ralentie et finissent par mourir. Les algues vertes disparaissent. Dans un tel cas, il est complètement absurde et inutile d'alcaliniser l'eau avec du bicarbonate de soude si l'on ne cherche pas à savoir l'origine de ce déséquilibre. Généralement, une acidification de l'eau est observée dans des aquariums aux sols extrêmement pauvres ou à éclairage déficient.

La progression lente vers l'alcalinité (variation du pH inférieure à 0,3 en quinze jours) est une preuve de la bonne hygiène de l'aquarium. Les plantes ont une excellente croissance. En outre apparaissent des algues vertes sur les rochers, les vitres de l'aquarium, qui sont fort appréciées des poissons vivipares et des limnées et physas.

Il est préférable de considérer la valeur du pH avec celle du TH (titre hydrotimétrique). Cette alcalinité est en partie provoquée par l'évaporation de l'eau — il y a alors augmentation de la concentration en sel calcaire. Lorsqu'on rajoute de l'eau contenant elle-même des sels calcaires, il y a augmentation de la quantité de sel calcaire et, de ce fait, de pH. En effet, le carbonate de calcium absorbe l'acide carbonique rejeté par les poissons, facteur essentiel de l'acidité de l'eau.

C'est la raison pour laquelle on observe, dans des aquariums peuplés depuis un an, deux ans et même

davantage, un pH très alcalin pouvant atteindre une valeur de 8,5 - 8,6 et un TH très élevé. Ces aquariums sont très bien équilibrés. La croissance des plantes et des poissons est excellente et l'on n'observe aucun taux anormal de mortalité.

Nous avons également mesuré le pH et le TH de quatre aquariums de l'École nationale supérieure agronomique de Toulouse, peuplés depuis six ans par une cinquantaine de guppys en parfait état de santé, parfaitement aptes à une reproduction normale, et par des gastéropodes : limnées, physas.

Ces aquariums, d'une contenance de 100 litres chacun, sont plantés de fontinalis et élodées et sont soumis à un éclairage de douze heures par jour au moyen de tubes fluorescents.

Nous avons constaté que le pH était :

— Premier aquarium 8,6
— Deuxième aquarium 8,5
— Troisième aquarium 8,5
— Quatrième aquarium 8,7

Que le TH était :

— Premier aquarium 68
— Deuxième aquarium 62
— Troisième aquarium 60
— Quatrième aquarium 67

Nous avons également mesuré le pH et le TH d'un aquarium d'ensemble, en parfait état d'équilibre, peuplé par une quinzaine de vivipares (guppys, xiphos, platty berlinois, black molly) :

— trois scalaires,
— huit tanichtys,
— deux danio-verio,
— un rasbora,
— un tétra noir.

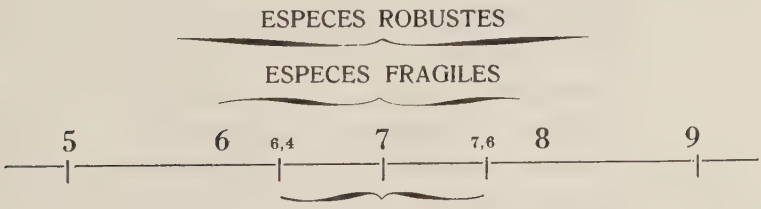
Cet aquarium est éclairé à l'aide d'une lampe incandescente. Un couvercle en verre est apposé au-dessus de l'aquarium pour éviter l'évaporation. Dans cet aquarium, aucune mortalité anormale n'est constatée.

Cet aquarium fut rempli avec de l'eau de la ville de Toulouse, dont le pH est de 7,6 et le TH de 20.

Trois mois après, le pH était de 8 et le TH de 21,6.

Ces mesures montrent qu'un pH alcalin et un TH (titre hydrotimétrique) élevé vont de pair. L'augmentation du pH et du TH peut être parfaitement supportée par les poissons, sans qu'aucune mortalité anormale n'apparaisse, à condition qu'elle soit lente et progressive. Il y a donc une adaptation des poissons au milieu, dans la mesure où ce milieu présente des variations progressives et faibles. Le revue *Le pH en pisciculture exotique*, de M. Dowdey, montre que les poissons présentent, par rapport aux autres organismes aquatiques, une certaine indépendance vis-à-vis de leur milieu.

Marges d'adaptation des principales espèces de poissons



Zone des pH optima des principales espèces de poissons

Les poissons ne doivent pas subir de brusques changements d'acidité et d'alcalinité de l'eau.

Cela est souvent observé lors d'achat de nouveaux animaux, qui sont introduits trop brutalement dans une

eau dont le pH et le TH sont très différents du milieu précédent. Il conviendra donc d'habituer progressivement les poissons à leur nouveau milieu. Ceci montre le danger de l'emploi intempestif des produits vendus dans le commerce pour acidifier ou alcaliniser le milieu.

Voici la table des pH optima des principales espèces exotiques, établie grâce à l'obligeance de M. H. WACKFIELD, Directeur d'« Ocean Park Elevage », Santa-Barbara (Californie), qui permettra d'obtenir la reproduction et l'élevage de différentes espèces de poissons exotiques :

Espèce	A	pH optimum du milieu	6,4 à 6,8
	B	—	6,8 à 7,0
	C	—	7,0 à 7,4
	D	—	7,2 à 7,6
	E	—	7,4 à 7,8

Nom commun français.

Acara	C
Ambassis lala	B
Anabas	E
Anostomus	B
Aphyocharax	B
Aphyosemon	A
Badis-Badis	E
Barbus conchonius	B
Barbus fasciatus	B
Barbus nigrofasciatus	B
Barbus partipentazena	B
Barbus sumatramus	B
Betta splendens	B
Black molly	D
Cap Lopez	A
Carnegellia	B

Characin	A
Cichlasoma festivum	B
Cichlasoma fecetum	B
Colisa labiosa	B
Colisa lalia	B
Corydoras	E
Danio	A
Fundulus	A
Gambusia	C
Gourami	E
Guppy	C
Haplochromis multicolor	B
Hemigramus ocellifer	B
Hyphesobricon	B
Macropodas	E
Mollienisia vellifera	D
Nanostomus	B
Néon (Tétra)	B
Panchax	A
Platty	C
Rasbora heteromorpha	A
Rivulus	A
Scalair	A
Tanuchtys	A
Tetra	B
Trichogaster	B
Xiphophorus	D

Ces pH optima des espèces ont été déterminés, soit par expérience, soit par l'étude des eaux d'origine de l'espèce. Ce tableau nous montre que les ovipares se plaisent particulièrement dans une eau acide, tandis que les vivipares préfèrent une eau alcaline.

2) *Le titre hydrotimétrique ou dureté de l'eau*

Principe.

L'eau est un solvant qui, par passage à travers différentes couches de terrain, s'enrichit d'éléments minéraux qui ont un rôle important dans :

— la pression osmotique du milieu,
— la photosynthèse des végétaux,
— les échanges ioniques au niveau des branchies des poissons.

Le titre hydrotimétrique se propose de mesurer la teneur en sels minéraux et, en particulier, la concentration par litre d'eau en sels de calcium et de magnésium.

Le titre hydrotimétrique s'exprime en degrés, mais il n'existe pas d'échelle universelle.

— 1 degré français
correspond à 10 mg/l de $CaCO_3$.
— 1 degré anglais
correspond à 14,3 mg/l de $CaCO_3$.
— 1 degré allemand
correspond à 10 mg/l de CaO.

Mesure.

Le titre hydrotimétrique de l'eau de l'aquarium peut être mesuré à l'aide d'un matériel rudimentaire :

— un flacon de verre étalonné à 40 cm^3,
— un compte-gouttes,
— une solution titrée stable de savon dans l'alcool vendue sous le nom de liqueur hydrotimétrique stable ou liqueur de Boutron-Boudet.

Technique.

Nous savons que plus l'eau est dure, moins le savon mousse. Donc il suffit, pour connaître le degré de dureté de l'eau, de mesurer la quantité de savon nécessaire à l'obtention de la mousse.

Pour ce, il faut bien rincer le flacon en verre étalonné à 40 centimètres cubes avec l'eau d'aquarium à analyser. Puis on remplit le flacon jusqu'au niveau de la graduation « 40 cm^3 » avec l'eau à analyser.

On verse ensuite dans l'eau la liqueur hydrotimétrique par dose de IV gouttes. Chaque dose de IV gouttes doit être considérée comme correspondant à 1 degré hydrotimétrique. La première dose de IV gouttes est considérée comme nulle. Après chaque addition d'une dose, on agite l'eau à analyser afin d'obtenir en surface une mousse savonneuse. Lorsque celle-ci persiste quelques minutes et atteint une hauteur d'au minimum 1 centimètre, on procède au calcul du titre hydrotimétrique en comptant et additionnant le nombre de doses versées.

Cette méthode très simple est peu précise. Elle permet tout au plus de se faire une idée générale sur la dureté de l'eau. En effet, on enregistre des différences allant de 1 à 6 degrés entre le titre calculé et le titre réel.

On peut obtenir plus de précision avec cette méthode en utilisant une burette hydrotimétrique (burette de Gay-Lussac calibrée en fonction de la liqueur hydrotimétrique stable employée).

A cette fin, on verse la liqueur dans la burette graduée en titre hydrotimétrique (de 60 à 0 degré) jusqu'au trait « zéro ». Puis on ajoute goutte à goutte la liqueur hydrotimétrique stable contenue dans la burette dans les 40 centimètres cubes d'eau à analyser et l'on

agite ce mélange afin d'obtenir une mousse épaisse de 1 centimètre au moins et stable pendant quelques minutes. Celle-ci obtenue, on peut lire directement le titre hydrotimétrique sur la burette.

Pour mesurer la dureté de l'eau de nos aquariums d'expériences, nous avons utilisé la méthode proposée dans le livre intitulé : « Manipulations de physique, chimie et pharmacie », par le Professeur R. VUILLAUME, revues et complétées par le Professeur ZUNDEL, de l'École nationale vétérinaire de Maisons-Alfort, et son collègue le Professeur André RICO, de l'École nationale vétérinaire de Toulouse.

Titrage par complexone de la dureté totale d'une eau de boisson

1) *Réactifs.*

— Solution de complexone III 0,02 M (hydrate de sel disodique de l'acide éthylène-diamine tétra acétique).

Complexone III	7,444 g
Eau distillée	1 000 ml

— Solution 2 pour cent de noir ériochrome T dans la triéthanolamine.

— Solution tampon pH — 10.

Chlorure d'ammonium	54 g
Ammoniaque à 25 pour cent.	350 ml
Eau distillée, *q. s.*	1 000 ml

— Solution de complexonate de magnésium 20 grammes par litre.

Complexonate de magnésium	10 g
Eau distillée	500 ml

2) *Matériel.*

— Un agitateur.

— Un bécher de 250 ml.

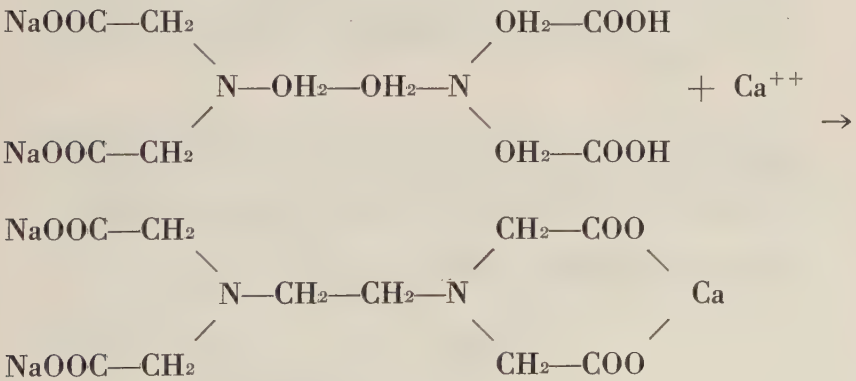
— Une burette de Mohr de 25 millilitres graduée en 0,1 millilitre.
— Une éprouvette graduée de 100 millilitres.
— Une pipette de 10 millilitres graduée en millilitre.
— Un thermomètre.

Hydrométrie.

• Méthode aux complexones de SCHWARZENBACH.

a) *Principe :*

Les complexones forment avec les ions métalliques en solution des complexes ou chélates plus ou moins stables et parfois colorés. C'est le cas du calcium qui, avec le sel disodique de l'acide éthylène - diamine - tétra acétique (E.D.T.A.), ou complexone III, donne un chélate incolore stable en fonction de la réaction.



Le magnésium réagit également, mais le chélate formé est moins stable et, en présence de calcium, il se fait une réaction d'échange avec apparition d'une quantité de magnésium équivalente : Mg (*e*).

E D T A — Mg + Ca = E D T A — Ca + Mg (2)

En présence d'un excès de complexonate de magné-

sium, le dosage de calcium devient par conséquent un dosage de magnésium.

Dans l'eau à analyser, ce magnésium Mg (*e*) viendra s'ajouter au magnésium présent initialement Mg (*i*) pour donner une quantité totale de magnésium à titrer :

$$Mg\ (e) + Mg\ (i) = Mg\ (3).$$

D'autre part, le magnésium donne avec le noir ériochrome T (noir ET) de couleur bleue à pH 10, un composé encore moins stable de couleur rouge bordeaux.

En présence de cet indicateur coloré et à pH 10, on pourra donc titrer le magnésium par addition de EDTA suivant les réactions :

$$\underset{\text{bleu}}{Mg} + \text{noir ET} = \underset{\text{bordeaux}}{\text{noir ET} - Mg}\ (4)$$

$$\underset{\text{bordeaux}}{\text{noir ET} - Mg} + \text{EDTA} = \text{EDTA} - Mg + \underset{\text{bleu}}{\text{noir ET}}\ (5)$$

Dans l'eau à analyser, en ajoutant un excès de complexonate de magnésium et du noir ET, on combine les réactions (2) (3) et (4) ; on aura la réaction totale.

$$Ca + \underset{\text{bleu}}{Mg} + \text{EDTA} - Mg + \text{noir ET} = \text{EDTA} - Ca + \underset{\text{bordeaux}}{\text{noir ET} - Mg}\ (6)$$

Si l'on ajoute à ce milieu du EDTA, il se fera la réaction stocchiométrique suivante :

$$\text{EDTA} - Ca = \underset{\text{bordeaux}}{\text{noir ET} - Mg} + \text{EDTA} = \text{EDTA} - Ca + \text{EDTA} - \underset{\text{bleu}}{Mg} + \text{noir ET}\ (7)$$

La quantité de EDTA nécessaire pour que le milieu de bordeaux au bleu soit proportionnelle à la quantité de calcium + magnésium présente initialement.

b) *Technique :*

Dans un bêcher de 250 millilitres environ, introduire 100 millilitres, mesurés à l'aide d'une éprouvette graduée, de l'eau à analyser. Tout en agitant, ajouter X gouttes de l'indicateur (noir ériochrome T), 5 millilitres de la solution de complexonate de magnésium à 20 grammes par litre, 5 millilitres de mélange tampon.

Chauffer à 50 °C environ et titrer à l'aide d'une burette de Mohr préalablement remplie et ajustée avec la solution de complexone III 0,02 M, jusqu'à ce que l'indicateur vire du bordeaux au bleu.

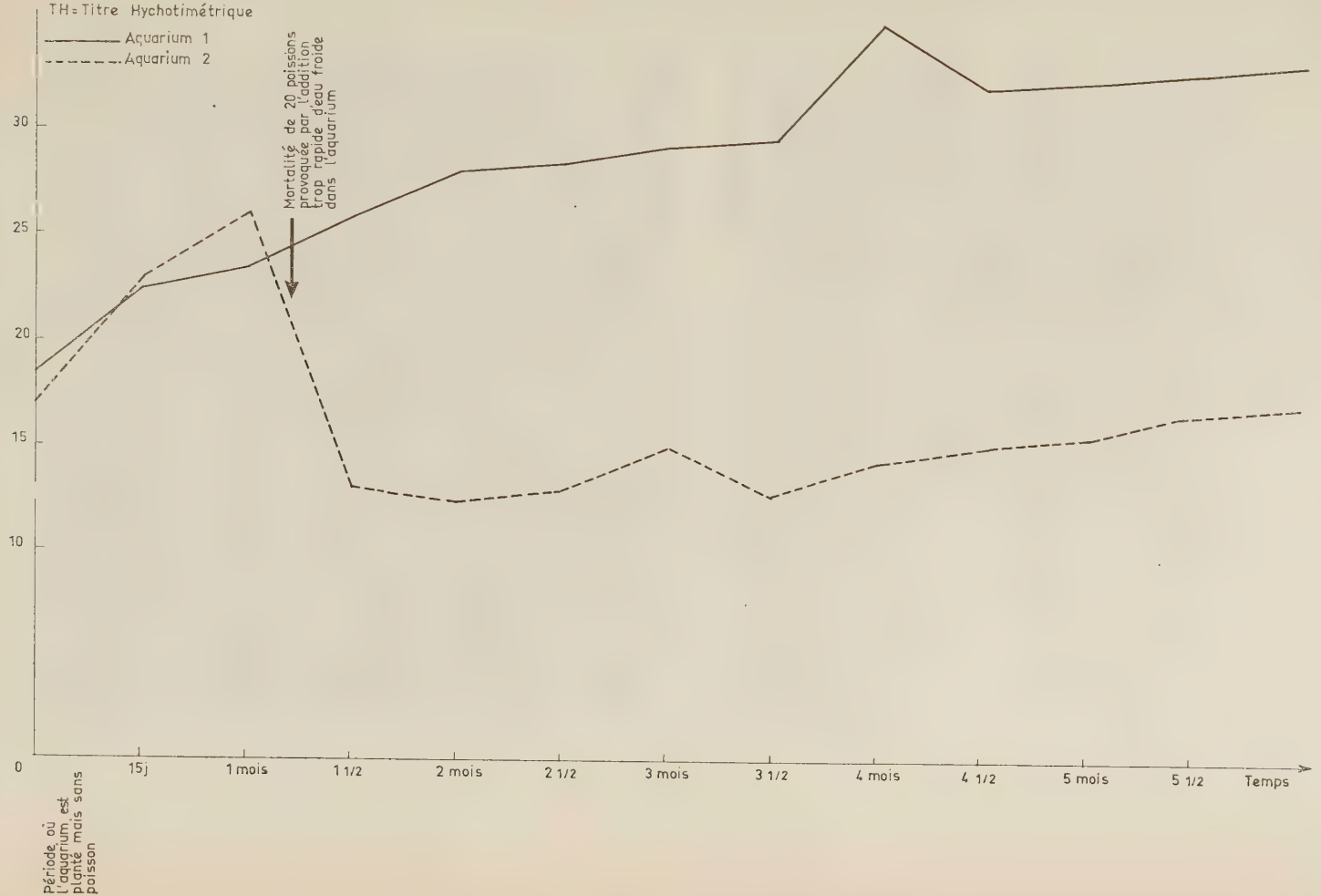
Travailler lentement vers la fin du titrage, refaire plusieurs fois l'opération pour améliorer la précision. Noter le nombre *n* de millilitres utilisés.

c) *Résultat.*

Chaque millilitre de la solution de complexone 0,02 M correspond à 2 degrés français de dureté, la dureté totale de l'eau sera exprimée par 2 *n*.

En aquariophilie, on a coutume de dire qu'une eau titrant de :

— 0 à 5 degrés est très douce.
— 6 à 10 degrés est douce.
— 11 à 15 degrés est peu douce.
— 16 à 20 degrés est moyennement dure.
— 21 à 40 degrés est dure.
— 40 à 60 degrés est *très* dure.
— au delà de 60 degrés, les accidents apparaissent.


TH = Titre Hychotimétrique
Aquarium 1
Aquarium 2
Mortalité de 20 poissons provoquée par l'addition trop rapide d'eau froide dans l'aquarium
30
25
20
15
10
0
15j
1 mois
1 1/2
2 mois
2 1/2
3 mois
3 1/2
4 mois
4 1/2
5 mois
5 1/2
Temps
Période où l'aquarium est planté mais sans poisson

Interprétation des résultats des expériences suscitées

La dureté initiale est de :

— 18,5 pour l'aquarium n° 1,
— 17 pour l'aquarium n° 2.

Nous constatons une augmentation du titre hydrotimétrique dans les deux aquariums pendant la première période où ceux-ci étaient plantés mais non peuplés.

A remarquer également un brusque abaissement du TH dans l'aquarium n° 2 où une mortalité importante, de ving poissons, fut observée. On peut penser que cet abaissement du TH est dû à une fixation des sels de calcium et de magnésium sur les cadavres.

De ces essais d'expérimentations, il faut surtout considérer l'aspect général des courbes. Il y a une augmentation lente et progressive du TH, fort bien acceptée par les poissons (très vivants et présentant une reproduction prolifique).

MM. Secondat et Quillet avaient procédé à l'élevage dans quatre aquariums de la Station de pisciculture, dont l'eau initiale comportait un TH compris entre 15 et 20 degrés. Celle-ci ne fut jamais changée. Ils veillaient seulement à compenser l'évaporation importante par l'adjonction d'eau de TH de 17 à 18 degrés. Au bout de six ans, l'eau de ces aquariums présenta un TH de — 68, — 62, — 60, — 67, sans que la santé et la reproduction des poissons (guppys) en fussent perturbées. Pour un tel TH, cet argument étaye la théorie de l'adaptation du poisson au milieu. Il faut, bien entendu, se souvenir que les guppys sont reconnus comme des poissons préférant vivre dans une eau alcaline et dure.

Toutefois, une question se pose : pourquoi y a-t-il une augmentation importante de la dureté de l'eau de

nos aquariums d'expérience ? La réponse est que cette augmentation est le fait d'une évaporation intense due à l'absence de plaques couvrantes au-dessus des aquariums. Effectivement, de l'eau pure (H_2O) quitte l'aquarium tandis que les sels minéraux (carbonate et bicarbonate de calcium, sulfate de calcium, nitrate de calcium, chaux éteinte, carbonate et bicarbonate de magnésium, sulfate de magnésium, nitrate de magnésium, magnésie, etc.) et les oligo-éléments, sous forme de traces, restent dans l'aquarium. En rajoutant de l'eau présentant un TH compris entre 15 et 20, nous apportons de nouveaux sels minéraux et oligo-éléments, d'où une augmentation du TH.

Dans un autre aquarium peuplé et planté, nous avons versé de l'eau dont le TH initial était de 20 degrés. Un couvercle en verre, percé de deux minces orifices pour permettre une aération de la surface de l'eau, fut posé sur l'aquarium. Trois mois après, le TH n'était que de 21,6 degrés. Cette expérience démontra la nécessité d'apposer sur l'aquarium un couvercle pour éviter une évaporation trop intense de l'eau et permettre ainsi de la conserver avec les caractéristiques désirées.

Ces expériences, évidemment, ne tendent pas à démontrer l'inutilité de la mesure de la dureté de l'eau. Bien au contraire, beaucoup de grands éleveurs possèdant des séries d'élevage recherchent une eau au pH et au TH fixés en fonction de chaque espèce, afin d'obtenir facilement sa reproduction, et s'efforcent de placer les nouveaux poissons dans une eau présentant les mêmes pH et TH que celle du transport.

Ils pensent également que les poissons s'adaptent à des changements lents et progressifs du TH jusqu'à un TH de 55 degrés, mais qu'au delà de 60 degrés il se produit un déséquilibre dans l'aquarium, et une mortalité peut apparaître subitement.

D'après nos expériences et nos entretiens avec ces spécialistes, nous pouvons conseiller le choix d'une eau moyennement dure (TH compris entre 16 et 20 degrés).

Naturellement, le problème est de savoir où la prélever. On est souvent tenté de la recueillir dans une mare, un lac ou encore un étang, dans la mesure où ceux-ci s'avéreront poissonneux. Raisonnement faux car, généralement, leurs eaux sont très minéralisées et, surtout, elles peuvent contenir des germes pathogènes, des algues et microorganismes dangereux, et des oligo-éléments toxiques.

En conséquence de quoi il est préférable d'utiliser simplement l'eau potable du robinet aux caractéristiques bien définies par les arrêtés du 10 août 1961 et 28 février 1962 et la circulaire du 15 mars 1962.

Teneurs maximales souhaitables :

— Azote ammoniacal	inférieur à	0,06	ppm
— Azote nitreux	—	0,10	ppm
— Chlorure (Cl)	—	250	ppm
— Sulfate SO_4	—	250	ppm
— Magnésium (Mg)	—	185	ppm
Titre hydrotimétrique	—	30	°H
Minéralisation totale	—	2	g/l
Matière organique	—	2	ppm

Constituants indésirables ou toxiques :

— Fer	inférieur à	0,2	ppm
— Manganèse	—	0,1	ppm
— Zinc	—	5,0	ppm
— Cuivre	—	1,0	ppm
— Plomb	—	0,1	ppm
— Fluorures	—	1,0	ppm

— Sélénium . . . . . — 0,05 ppm
— Arsenic . . . . . — 0,05 ppm
— Cyanure au-dessous du seuil analytique.
— Chlore libre . . . . . — 0,1 ppm
Bactéries :
— *Escherichia coli* . . . . . 0 germe par 100 ml
— *Clostridium perfringens* . . . . 0 germe par 20 ml

Beaucoup rétorquent que l'eau de consommation courante contient du chlore nocif aux poissons. Dans cette éventualité, il suffit de préparer l'aquarium, de l'aérer pendant quinze jours avant d'introduire les poissons, pour que le chlore soit éliminé.

A titre indicatif, voici la liste du TH de l'eau de consommation dans quelques grandes villes (parue dans la rue *Aquarama*, n° 4, octobre 1969, p. 46). Celle-ci permettra de savoir si l'on peut utiliser directement l'eau du robinet ou s'il est nécessaire d'y ajouter de l'eau à bas TH pour obtenir un TH moyennement dur.

Agen	27°	Bar-le-Duc	18°
Aix-les-Bains	21°	Bayonne	30°
Alençon	17°	Beauvais	25°
Alfortville	20°	Berck	27°
Amiens	25°	Besançon	25°
Angers	9°	Béthune	32°
Angoulême	17°	Béziers	25°
Annecy	14°	Bezons	35°
Argenteuil	23°	Biarritz	17 à 30°
Arras	26°	Blois	25°
Asnières	22°	Bois-Colombes	20°
Auxerre	25°	Bordeaux	25°
Avignon	25°	Bougival	44°
Barbezieux	35°	Boulogne-Billancourt	40°

Boulogne-sur-Mer ... 26°
Bourges ..... 25°
Bourg ..... 15°
Bourg-la-Reine ..... 21°
Cabourg ..... 36°
Caen ..... 28°
Cannes ..... 20°
Carcassonne ..... 17°
Châlons-sur-Marne .. 20°
Chalon-sur-Saône .... 26°
Chambéry ..... 24°
Champigny ..... 24°
Chantilly ..... 40°
Charleville ..... 26°
Chartres ..... 20°
Chatou ..... 38°
Châteauroux ..... 20°
Chaumont ..... 26°
Clermont-Ferrand ... 8°
Cognac ..... 22°
Compiègne ..... 42°
Coulommiers ..... 25°
Courbevoie ..... 23°
Croissy ..... 46°
Denain ..... 36°
Dijon ..... 24°
Draguignan ..... 24°
Dreux ..... 22°
Dunkerque ..... 28°
Enghien-les-Bains ... 23°
Évian ..... 22°
Évreux ..... 18°
Fécamp ..... 29°
Fontainebleau ..... 22°
Gap..... 12 à 24°
Garches ..... 36°
Grenoble ..... 17°
Honfleur ..... 31°
Houilles ..... 45°
La Madeleine ..... 40°
La Rochelle..... 32°
Laon ..... 25°
Le Mans..... 20°
Le Vésinet..... 40°
Libourne ..... 12°
Lille ..... 40°
Lisieux ..... 36°
Longwy ..... 22°
Lons-le-Saunier ..... 19°
Lyon ..... 18°
Mâcon ..... 43°
Marseille..... 15 à 27°
Melun ..... 28°
Mende ..... 19°
Menton ..... 36°
Metz ..... 39°
Mézières ..... 25°
Mirecourt ..... 24°
Montauban ..... 12°
Montélimard.... 17 à 22°
Mont-de-Marsan .... 14°
Monte-Carlo ..... 25°
Montpellier ..... 24°
Moulins ..... 15°
Nancy ..... 8 à 25°
Nantes ..... 11°
Narbonne ..... 26°
Neauphle-le-Château . 45°
Nevers ..... 20°
Nice..... 17 à 30°

Nîmes	24°	Sedan	17°
Niort	31°	Strasbourg	25°
Orléans	13°	Tarbes	17°
Paris	24°	Thionville	45°
Pau	14°	Thonon-les-Bains	30°
Périgueux	22°	Toulon	16°
Poissy	70°	Toulouse	17 à 24°
Rambouillet	44°	Tourcoing	40°
Reims	30°	Tours	11°
Rochefort	44°	Trouville-Deauville	35°
La Rochelle	30°	Troyes	23°
Roubaix	40°	Tunis	27°
Rouen	25°	Valence	23°
Royan	30°	Valenciennes	40°
Rueil	53°	Vaucresson	40°
Saint-Cloud	40°	Vendôme	37°
Saint-Dizier	24°	Versailles	30°
Saint-Germain-en-Laye	50°	Vichy	8°
Saint-Lô	9°	Vierzon	13°

Il faut rappeler que ces TH peuvent varier légèrement du fait des fluctuations saisonnières.

L'aquariophile habitant par exemple Valenciennes (TH de l'eau du robinet 40 degrés) pourra obtenir 100 litres d'eau de dureté 16 degrés en mélangeant un volume V_1 d'eau du robinet avec un volume V_2 d'eau de pluie de dureté 3 degrés en utilisant l'équation :

$V\ T = V_1\ T_1 + V_2\ T_2$

$V = (V_1 + V_2) / T$ = dureté recherchée.

T_1 = dureté de l'eau du robinet.

T_2 = dureté de l'eau ajoutée.

V_1 = volume d'eau du robinet.

V_2 = volume d'eau dont le TH est faible.

$100 \times 16 = 40\ V_1 + 3\ V_2$

Nous savons que $V = V_1 + V_2$

$$100 = V_1 + V_2 \rightarrow V_1 = (100 - V_2)$$

$$16 \times 100 = 40\ (100 - V_2) + 3\ V_2$$

$$1600 = 4\,000 - 40\ V_2 + 3\ V_2 =$$

$$1600 = 4\,000 - 37\ V_2$$

$$V_2 = \frac{4\,000 - 1\,600}{37} = 68 \text{ litres environ.}$$

Il faut donc mettre 68 litres d'eau de pluie et 100 — 68 = 32 litres d'eau du robinet pour obtenir une eau de TH égale à 16 degrés.

Il est nécessaire toutefois de signaler que des aquariophiles habitant de grandes villes industrielles ont eu des déboires en utilisant de l'eau de pluie. En effet, celle-ci, par son pouvoir de dissolution et d'absorption s'est chargée de gaz, poussières et fumées toxiques pour les poissons.

Il est alors préférable d'utiliser comme eau de mélange dans les grandes villes :

- de l'eau distillée TH = 0;
- de l'eau bipermutée, vendue également chez le droguiste et non pas de l'eau simplement « permutée », qui est en quelque sorte déséquilibrée par une déminéralisation partielle, responsable de nombreux déboires;
- eau déminéralisée par le procédé dit de « précipitation ». On fait bouillir l'eau du robinet pendant une vingtaine de minutes dans un récipient neutre, ce qui a pour effet de précipiter le calcaire. Lorsque l'eau est refroidie, on la filtre sur des gazes;
- eaux déminéralisées :
  - l'eau Charrier, dont le TH est de 0,5, pour minéralisation de 25 milligrammes par litre,

- l'eau Volvic, dont le TH est de 4,3, pour minéralisation de 150 milligrammes par litre.

Hormis ces deux eaux de régime, il faut exclure les autres eaux minérales car certaines ont une minéralisation égale, voir supérieure à l'eau potable, d'autres ont des propriétés spéciales (ferrugineuse, soufrée, etc.) ;

• l'eau de dégivrage du réfrigérateur. Il s'agit d'eau évaporée qui s'est condensée et congelée sur les parois du *freezeur*. On utilisera cette eau surtout pour compenser l'évaporation dans l'aquarium.

Nous rappelons que ces eaux à TH très faible et même nul ne peuvent être employées seules. Ce sont des eaux de mélange permettant d'obtenir une eau de TH moyennement dure ou dure (TH initial compris entre 17 et 20 degrés).

Rôle du titre hydrotimétrique.

Il ne faut pas penser que les carbonates de calcium et de magnésium, qui déterminent la dureté de l'eau, ont un rôle nocif et qu'il faut les éliminer totalement sous peine d'être le témoin d'une mortalité élevée des poissons de l'aquarium d'ensemble. Bien au contraire, J. J. Scheil a montré que si l'on détermine un brusque abaissement du titre hydrotimétrique, cela peut faire éclater les branchies des poissons par modification brutale de la pression osmotique, celle-ci étant déterminée, en milieu aquatique, par des sels minéraux suscités.

Le gaz carbonique rejeté lors de la respiration des animaux et des plantes aquatiques se dissout dans l'eau et en détermine l'acidité. Une grande partie se fixe au calcium et au magnésium.

Ces relations entre le gaz carbonique, le calcium et le magnésium déterminent un système tampon et per-

mettent de constituer une réserve importante de gaz carbonique, source unique et indispensable de carbone pour l'assimilation chlorophyllienne des plantes.

Dans l'aquarium, le gaz carbonique se trouve à l'état :

A) de gaz carbonique libre dissous dans l'eau;

B) combiné au calcium et au magnésium sous forme :

1) de carbonate de calcium ($CaCO_3$) et de magnésium ($MgCO_3$). Ces monocarbonates sont peu solubles dans l'eau : il y a 13 à 15 milligrammes par litre de carbonate de calcium soluble dans l'eau, le reste y est en suspension ou tombe lentement au fond;

2) de bicarbonate de calcium $Ca(HCO_3)_2$ et en très faible quantité de bicarbonate de magnésium $Mg(HCO_3)_2$.
Ces bicarbonates sont dissous dans l'eau et se combinent avec le gaz carbonique libre.

Les plantes aquatiques supérieures peuvent assimiler non seulement le gaz carbonique dissous, mais aussi les bicarbonates des hydrocarbonates et parfois l'acide carbonique combiné des monocarbonates dissociés.

Gessner, en 1959, a constaté que les muscinées (par exemple : Fontinalis) et certaines algues peuvent uniquement assimiler le gaz carbonique libre dissous dans l'eau, mais pas les bicarbonates.

Les plantes aquatiques supérieures assimilent d'abord tout le gaz carbonique libre dissous dans l'eau, puis le gaz carbonique du bicarbonate de chaux et finalement du carbonate de chaux dissous dans l'eau. Il y a alors production de $Ca(OH)_2$ dissociée et élévation considérable du pH jusqu'à la valeur de 9 et 10. Schaperclaus

a signalé, en 1926, que l'assimilation chlorophyllienne de *Elodea* peut faire monter le pH jusqu'à 13,3.

Par contre, en présence de gaz carbonique libre en excès, la chaux carbonatée, qui se trouve au fond ou en suspension dans l'eau, entre en solution suivant l'équation :

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$$

Il se forme alors de nouvelles réserves de chaux et de gaz carbonique.

Ceci montre que la richesse de l'eau en calcium et magnésium lui permet d'être saturée en gaz carbonique, indispensable à une croissance harmonieuse des plantes, et contribue à restreindre les variations de pH.

Il faut toutefois que l'aquarium soit suffisamment peuplé (au minimum un poisson pour 7 litres d'eau) pour que le rejet de gaz carbonique lors de la respiration soit suffisant afin que l'assimilation chlorophyllienne puisse se faire et que le pH ne s'élève pas trop.

Il est donc dangereux d'employer une eau dont le titre hydrotimétrique est très bas (environ 5). Celle-ci subirait des variations importantes de pH selon la quantité de gaz carbonique rejetée par les poissons et celle absorbée par les plantes.

D'autre part, Potonie (1937), Kuhl et Mann (1956) ont montré qu'une certaine quantité de chaux est nécessaire à la transformation de l'ammoniaque rejeté par les branchies de poissons en nitrite et nitrate (les poissons rejetent :

— 70 pour cent d'ammoniaque,
— 25 — d'urée,
— 5 — de créatine - créatinine - acide urique).

N. O. Christensen signale dans son livre « Maladies des poissons » que l'ammoniaque est un poison très violent pour les poissons : un quart ppm suffit pour tuer un poisson.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de voir qu'il est nécessaire de connaître le titre hydrotimétrique de l'eau que l'on introduit dans l'aquarium.

Le choix se porte sur une eau moyennement dure (TH compris entre 16 et 20), qui convient à un très grand nombre de poissons. L'évaporation est compensée par addition d'eau dont le TH est nul ou très faible (1 à 3 degrés) afin d'éviter une augmentation trop rapide du TH. Mais il faut se garder de changer trop brutalement et de façon considérable le TH de l'eau de l'aquarium peuplé car cette manipulation pourrait donner un « stress » aux poissons et entraîner une mortalité élevée.

Physiologie des poissons et hygiène de l'aquarium

Tous les poissons, sauf les myximoïdés, sont des homéostatiques. La quantité et la nature des ions dissous dans l'eau sont différentes de celles des liquides du corps du poisson. Donc ces poissons doivent assumer la fonction de régulation osmotique à l'aide des branchies et des reins.

Du fait que la concentration des liquides de leur corps est supérieure à celle de leur environnement, de l'eau pénètre de façon osmotique dans l'organisme, surtout par les branchies semi-perméables et la bouche, et en petite quantité par la surface de la peau, qui est

moins perméable. KROGH, en 1939, a démontré que, chez le poisson rouge, le temps nécessaire pour que 1 millilitre d'eau passe à travers de 1 centimètre carré de peau pour une différence de pression de 1 atmosphère, est de cent cinquante-huit jours.

Cette eau, absorbée de façon osmotique, métabolisée, est transportée par le sang pour être filtrée par les glomérules du rein. Elle est ensuite excrétée par l'urine hypotonique.

D'autre part, certains ions quittent l'organisme par les urines, les fèces et par diffusion à travers la peau, pour se diluer dans l'eau hypotonique. Cette perte d'ions est faible grâce à leur réabsorption par le tube contourné proximal des reins. Les ions sont remplacés par d'autres contenus dans la nourriture ingérée ou par une absorption active des ions de l'eau par l'intermédiaire des branchies.

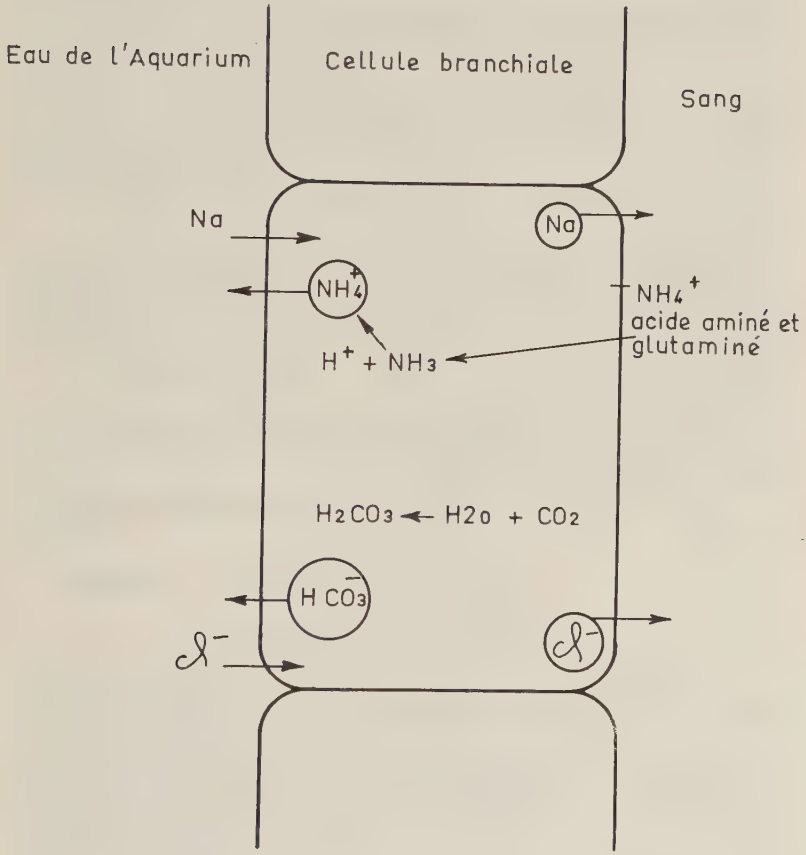
Cela montre la nécessité d'utiliser comme eau d'aquarium une eau peu ou moyennement dure. Cette eau présente une certaine pression osmotique et contient des sels minéraux et des oligo-éléments qui permettent de compenser la perte d'ions.

KROGHT, en 1937, a démontré l'absorption active des ions sur sept espèces de Téléostéens d'eau douce. Ces expériences ont montré l'absorption des ions chlore, brome, sodium et, dans un seul cas, de l'ion calcium. Elles ne révèlent pas l'absorption par les branchies d'iode, de nitrate, de cyanide, de potassium et de calcium.

SEXTON et MAYER, en 1955, ont démontré l'absorption de lithium, de sodium par les branchies des poissons rouges, mais pas de potassiun, ni de césium, ni de rubidium.

J. MAETZ et le groupe de biologie aquatique du Laboratoire de physiologie physicochimique ont effectué des recherches sur la perméabilité des branchies des pois-

sons aux électrolytes et sa régulation endocrinienne. Ils ont démontré qu'au niveau des branchies il y avait des échanges entre l'ion Na^+/NH_4^+ et l'ion φ^-/HCO_3^- et ont proposé ce schéma :



Krogh, en 1939, et Schaw, en 1960, ont suggéré que l'ion bicarbonate serait échangé contre l'ion chlore. Leiner, en 1938, a montré que les cellules branchiales

contiennent de l'anhydrase carbonique qui serait susceptible de catalyser la réaction :

$$CO_2 + H_2O = CO_3H^- + H^+$$

Maetz, en 1956, prouva que l'inhibition de cette enzyme produit des perturbations de l'osmorégulation et notamment du taux du chlore sanguin. En 1964, il a démontré que l'ion HCO_3^- est échangé avec l'ion φ^-, que toute addition dans l'ambiance de HCO_3 provoquait une inhibition de l'absorption des ions φ^- ; et que l'injection de HCO_3 par voie intrapéritonéale chez le poisson produisait une stimulation de l'absorption de φ^-.

Nous savons, depuis les travaux de Smith (1929) et de Delaunay (1929), que les branchies des Téléostéens sont le lieu principal de l'excrétion azotée. Elle s'effectue essentiellement sous forme d'ion ammonium.

D'après les travaux de la Faculté des Sciences de Toulouse, les poissons élimineraient :

70 pour cent de l'azote sous forme ammoniaque,
25 — sous forme d'urée,
5 — sous forme de créatine - créatinine - acide urique.

Goldstein et Forster ont démontré que la majeure partie de l'ion ammonium endogène est produite par les cellules branchiales grâce à l'activité d'enzymes comme la glutaminase et la déshydrogénase de l'acide glutamique.

J. Maetz a montré que l'ion NH_4^+ est échangé avec l'ion Na^+. L'addition à l'eau de l'aquarium de $SO_4^=(NH_4)^+_2$ produit une inhibition réversible de 80 pour cent environ de l'entrée de l'ion sodium (Na^+). Si l'on enlève $SO_4(NH_4)^+_2$ l'entrée de l'ion sodium est rétablie.

Cette étude nous montre que les poissons remplis-

sent la fonction de régulation osmotique, qu'il est très dangereux de les placer dans une eau très douce (TH égale 1 à 3). Il y aurait une différence de pression osmotique trop importante entre l'ambiance et les liquides corporels et, en conséquence, l'équilibre hydrominéral serait rompu.

Il faut également signaler qu'il est peut-être plus nuisible à la santé des poissons de changer constamment l'eau de l'aquarium que de les maintenir dans un milieu qui pourrait paraître à tous hostile (TH très élevé, 40 degrés environ).

En effet, J. Maetz et le groupe de biologie animale du Laboratoire de physiologie physicochimique ont observé que, lors de manipulations des poissons, ils subissent un « stress » qui rompt l'équilibre hydrominéral.

Il y a une très nette augmentation du flux sortant de sodium, ainsi que du flux entrant à un moindre degré. Il faut trois jours pour que l'équilibre hydrominéral soit rétabli.

Le sol et les plantes

Indépendamment de son utilité propre, le sol de l'aquarium joue un rôle indéniable dans l'esthétique.

Évidemment, le choix du néophyte sera très orienté par la couleur et la finesse des éléments constitutifs du sol. Toutefois, il lui faudra se garder d'employer des gravillons bariolés, des silex concassés, des graviers colorés artificiellement et des déchets de verroteries multicolores; ces matériaux déterminent des anfractuosités où s'accumulent les excréments des poissons et la nourriture non consommée. Ces déchets, qui ne peuvent être

mangés par les escargots ou les poissons, finissent par fermenter et troubler l'eau et la santé des habitants de l'aquarium. Tous les aquariophiles utilisent comme matériau de base le sable de rivière bien lavé, à savoir : du sable du Rhin ou de la Loire à grains moyens. Celui-ci est neutre, il n'altère pas les caractéristiques de l'eau. Il est constitué essentiellement par de la silice pure à laquelle s'associent un peu de calcium, de potassium et de matière organique qui l'enrichissent légèrement. Il permettra d'obtenir un joli décor et une croissance satisfaisante des plantes. Certains préfèrent le sable de Fontainebleau pour sa blancheur. En effet, ce dernier est très joli, mais sa finesse déterminera un tassement. Ceci supprimera toute aération des couches moyennes et inférieures du sol. D'autre part, les excréments des poissons ressortiront davantage et gâcheront le décor.

Ce sable de rivière bien lavé permet la fixation des plantes aquatiques à immersion complète. En effet, elles absorbent davantage les éléments nutritifs par la fine cuticule et les stomates des feuilles que par les racines, dont le rôle est surtout de fixer.

Il joue un rôle fondamental dans l'épuration de l'eau, dans la constitution d'un réservoir alimentaire lorsqu'on utilise un filtre sous sable.

Nous avons vu dans le chapitre « Le filtrage de l'eau » le rôle du filtre sous sable.

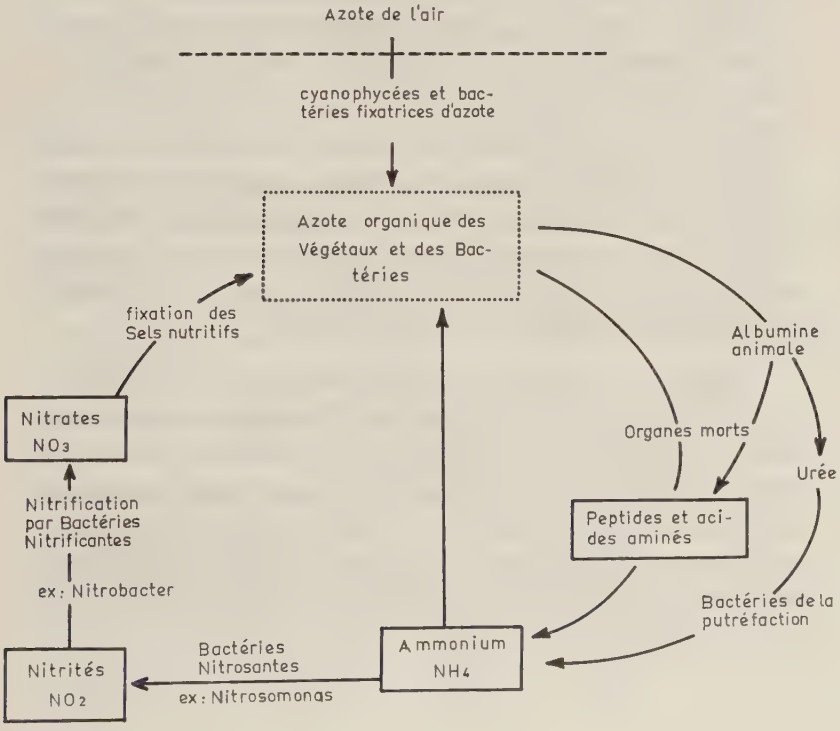
Il faut rappeler que le filtre permet à l'eau de conserver sa limpidité, mais il a également un rôle fondamental dans l'hygiène de l'aquarium. Les composés ammoniacaux, les déjections des poissons et la nourriture non consommée sont entraînés dans le sable, y sont retenus et constituent un réservoir de matières organiques. Sous l'action des bactéries nitrosantes et nitrifiantes qui y sont emprisonnées, les matières organiques

se transforment en sels minéraux utilisables par les plantes.

Le fond de l'aquarium a donc une importance considérable comme substratum de la flore microbienne qui participe à l'hygiène de l'aquarium en transformant les matières organiques en éléments nutritifs et absorbables par les plantes.

Il joue un rôle de réservoir alimentaire et fournisseur d'éléments nutritifs. Il est donc inutile et même dangereux d'ajouter à l'eau des engrais en comprimés ou en liquide. Ils n'auraient pour effet que de surcharger l'eau en matières azotées nuisibles à la santé des poissons.

Nous pouvons considérer que dans un aquarium d'ensemble de plus de 100 litres, il s'établit un cycle de l'azote comparable à celui décrit par W. SCHAPERCLAUS dans le traité de « Pisciculture en étang ».



L'ammoniaque (70 pour cent de l'excrétion azotée des poissons), l'urée, les substances organiques provenant des excréments et de la nourriture non consommée sont transformés en nitrite (NO_2) par l'action des bactéries aérobies nitrosantes (*Nitrosomonas*), substance subissant la nitrification par les bactéries nitrobacters qui sont de grandes consommatrices d'oxygène.

Ces sels nutritifs sont absorbés par les plantes supérieures, les algues vertes, les bactéries.

C'est la raison pour laquelle il ne faut pas considérer leur présence comme inutile; bien au contraire, ces algues vertes, qui tapissent les rochers, les vitres, témoignent de l'hygiène de l'aquarium. Elles sont pour les poissons une source de vitamines, notamment pour les xiphophorus, les plattys, les guppys, les cyprinidés. C'est la raison pour laquelle il ne faut pas les détruire. Il suffit de nettoyer la vitre frontale à l'aide d'un coton. Ces algues, avec les plantes supérieures, contribuent à éviter l'accumulation de matières azotées, problème essentiel de l'aquariophilie.

Il est peu souhaitable d'employer certains composts comme : tourbe + argile + terre. Ils peuvent, d'une part, la surcharger en matières organiques, qui ne sont transformées en éléments absorbables qu'au bout de cinq mois environ par la flore bactérienne, donc non immédiatement assimilables par les plantes.

Toutefois, des éleveurs professionnels ont utilisé avec succès la terre de bruyère. Elle est constituée par une litière de déchets végétaux qui tombent sur un sol sablonneux-siliceux, au pH acide, où les microorganismes sont rares. Ce qui fait que cette litière se décompose peu ou prou. Elle se transforme en humus brut qui s'accumule, et à pH acide (5), riche en matière organique, et en carbone.

Dans un aquarium de 100 litres, nous avons déposé une fine couche de 2 centimètres de sable, puis avons réparti 1 500 grammes environ de terre de bruyère sur tout le fond en ménageant toutefois un espace libre de 5 centimètres sur tout le long du périmètre, et ce, afin d'éviter qu'elle ne se colle contre la vitre et la colore en noir sur une bande de 1 centimètre.

Puis nous avons réparti au-dessus une quantité équivalant à 300 millilitres de charbon de bois, qui absorbe les gaz d'une éventuelle fermentation. Puis une couche de 2 centimètres environ de sable fin qui permet de bien tasser, et d'isoler en quelque sorte, ce compost; puis nous montons le filtre sous sable, le tube souple et nous mettons 5 centimètres environ de sable à grains moyens.

Nous avons obtenu une croissance optimum des plantes préférant un sol riche telles que les cryptocorynes, les échinodorus, les cabombas.

Il est nécessaire d'utiliser un bon filtre, sinon, au bout d'un laps de temps, il y a production dans ces aquariums d'une multitude de petites poussières qui se déposent sur le sable, les feuilles formant un enduit qui « étouffe » les plantes.

Cette liste des exigences des plantes vis-à-vis du sol a été établie de façon empirique en questionnant plusieurs éleveurs professionnels.

Il faut savoir que les plantes préférant un sol riche peuvent parfaitement vivre dans un sol pauvre, mais celui-ci ne permettra pas leur épanouissement total.

— Plantes préférant un sol riche . . . . . R
— Plantes préférant un sol moyennement riche . . M
— Plantes indifférentes à la richesse du sol . . . . O

Genre	*Acorus*	R
	Aglaonema	R
	Alternanthera	M
	Anubias	R
	Aponogeton	O
	Azolla	M
	Bacopa	O
	Barclaya	M
	Cabomba	R
	Crytocoryne	R
	Echinodorus	R
	Elodea	O
	Fontinalis antipyratica limne	R
	Heteranthera	M
	Hydrocotyle	M
	Hygrophila	R
	Lagenandra	M
	Limnophilia	R
	Lobelia	M
	Ludwigia	M
	Myriophyllum	M
	Naja	M
	Nitela	M
	Nomaphila	R
	Nuphar	M
	Nymphaea	M
	Rotala	M
	Sagittaria	O
	Symnema	O
	Vallisneria	O
	Vesicularia	M

Les plantes et l'éclairage

Lorsqu'on voit un aquarium, le regard est d'abord attiré par la flore. Ces plantes reconstituent un monde du silence à échelle réduite.

Ce fut Charles des Moulins (« Moyens d'empêcher la corruption dans les bocaux où l'on conserve des animaux vivants », in *Actes de la Société linnéenne de Bordeaux*, 23 septembre 1830), savant bordelais, qui eut le premier l'idée d'introduire des plantes dans un aquarium.

« Le 25 avril, je rapportais de la campagne une pincée de *Riccia fluitans* et de *Limna mimor* que je mis dans le bocal avec des planorbes, des physes et des limnées que je voulais étudier, j'y versais en même temps l'eau que j'avais rapportée des fossés stagnants. Cette eau recueillie depuis plus de vingt-quatre heures était fort sale et déjà sensiblement puante.

Mon étonnement fut grand lorsque le lendemain je trouvais toute l'eau du bocal pure et transparente comme du cristal et absolument sans odeur. »

Chacun sait que les plantes, sous l'action de la lumière, absorbent le carbone du gaz carbonique et rejettent de l'oxygène, élément vital pour les êtres vivants.

Il faut souligner le rôle important de la flore dans l'hygiène de l'aquarium. Les plantes absorbent les élément rejetés par les poissons et évitent aussi leur accumulation, qui pourrait rompre l'équilibre biologique. Kuhl et Mann ont effectué des expériences en aquarium et ont montré que les composés azotés n'apparaissent pas dans l'eau si l'assimilation par les végétaux est très active. Quand elle devient moins active, on relève

d'abord la présence de traces d'ammoniaque et un enrichissement sensible de l'eau en nitrite.

Ces expériences démontrent qu'il est très dangereux d'employer des engrais liquides ou solides, lesquels ne pourraient que surcharger l'eau en azote. Toutes ces considérations nous montrent qu'il faut favoriser au maximum par l'éclairage la croissance des plantes, épurateur vivant, afin que les nitrates, éléments les mieux assimilés par les plantes, les nitrites, l'ammoniaque ne s'accumulent pas dans l'aquarium.

Ce fut Priestley qui découvrit, en 1772, que les plantes vertes sont capables de « purifier l'air ».

En 1796, Ingen-Housz comprend que la lumière est indispensable pour la photosynthèse.

En 1845, Mayer montra que la synthèse des matières organiques (glucide - lipide - protide) nécessaires à la croissance et au développement des plantes vertes a lieu par transformation de gaz carbonique et d'eau sous l'action de la lumière : source d'énergie du processus photosynthétique.

La photosynthèse, réaction fortement endothermique, nécessite la présence de la chlorophylle : pigment qui capte l'énergie lumineuse.

On peut représenter, d'une façon fort simplifiée, la réaction photosynthétique par l'équation :

$$O = C = O + H_2O \rightarrow \begin{matrix} H \\ | \\ C \\ | \\ OH \end{matrix} + O_2 - 112 \text{ kilocalories.}$$

Le carbone minéral fortement oxydé sous forme de gaz carbonique est retenu dans les organes de la plante verte : ceci se traduit par une augmentation du poids sec.

Des expériences faites avec le carbone radio-actif C_{14} à période longue montrent que durant la « phase obscure », ou « phase de Blackmann », le gaz carbonique est fixé, réduit et emprunte les voies banales du métabolisme de toutes les cellules chlorophylliennes ou non. Ce carbone marqué apparaît dans des oses — des acides carboxyliques — des acides aminés, etc., et se retrouve finalement dans les glucides, les protides, les lipides de la plante.

Il est indispensable, pour comprendre la photosynthèse, de connaître les spectres d'absorption de la chlorophylle et des pigments surnuméraires des chloroplastes. La chlorophylle brute comprend :

— de la chlorophylle A,
— de la chlorophylle B,
— des pigments caroténoïdes, qui absorbent surtout les radiations bleues et violettes.

C'est essentiellement la chlorophylle A qui absorbe électivement certaines radiations fournissant l'énergie lumineuse nécessaire à l'assimilation du gaz carbonique.

Elle absorbe :

— une large bande dans le rouge vers 6 000 Å,
— deux bandes moins sombres : respectivement l'orangée et la jaune (6 100 à 5 700 Å),
— l'absorption pratiquement négligeable dans le vert, d'où la couleur de la chlorophylle,
— une bande large et presque continue dans le bleu indigo - violet, jusqu'à la limite la plus réfringable du spectre visible (430 - 410 Å).

Pour nos plantes aquatiques, qui se trouvent à une température constante de 25 °C, certaines conditions peuvent influencer l'intensité de la photosynthèse, c'est-à-dire leur développement.

Interviennent surtout :

1) *La teneur de l'eau en éléments minéraux*

De nombreux macro et micro-éléments : N - K - P - S - Mg - Fe - Cu - Mn, etc., sont indispensables pour la synthèse de la chlorophylle, les réactions enzymatiques de la photosynthèse, l'anabolisme et catabolisme des produits formés.

C'est la raison pour laquelle il est très dangereux d'employer comme eau d'aquarium une eau dont le titre hydrotimétrique est très bas : celle-ci ne pourra apporter les oligo-éléments indispensables à la vie et au développement des plantes.

On a démontré que si les plantes sont carencées en magnésium, en fer, leurs feuilles jaunissent.

2) *L'intensité de l'éclairage reçu par les tissus assimilateurs*

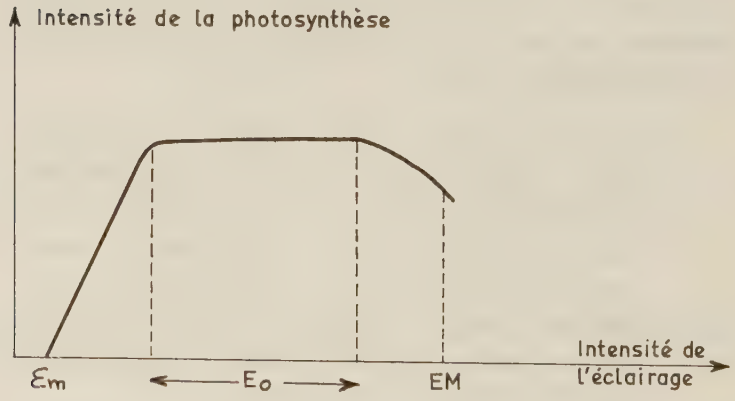


Schéma tiré du livre « Physiologie végétale », tome II, par P. BINET et J. P. BRUNEL.

Em.. .. .. éclairage minimum.
EM.. .. .. éclairage maximum.
Eo.. .. .. zone d'éclairage optimum.

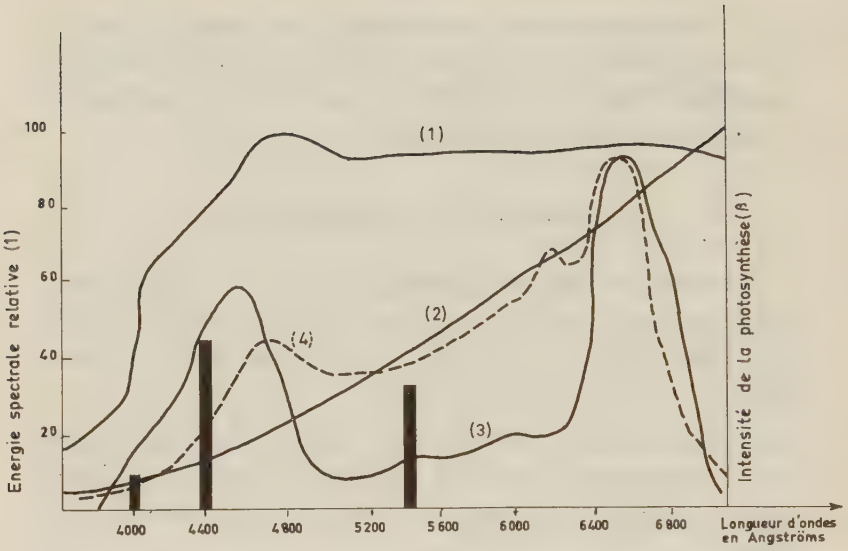
Ce diagramme nous montre qu'il est inutile et même néfaste d'éclairer vingt-quatre heures sur vingt-quatre un aquarium. On peut considérer que la durée optimum d'éclairage est de douze heures par jour.

3) *La nature des radiations reçues*

La lumière blanche, par passage à travers un prisme, est décomposée en sept couleurs : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet, qui sont les couleurs de l'arc-en-ciel.

Nous avons vu ci-dessus que la chlorophylle absorbait électivement certaines radiations, lesquelles fournissent l'énergie nécessaire au développement des plantes.

Nous avons résumé toutes ces considérations sur le diagramme suivant :



Graphique d'après la production des plantes : de la Société Philips.

(1) Courbe de distribution spectrale de l'énergie solaire.
(2) Courbe de distribution spectrale d'une lampe à incandescence
(3) Spectre d'activité du processus photosynthétique.
(4) Courbe de distribution spectrale du tube fluorescent « blanc brillant de luxe » de Philips.

A — Energie émise dans chaque bande de 100 angströms par rapport au spectre solaire. Cette énergie est mesurée en watts ou en microwatts par centimètre carré.

B — L'intensité de la photosynthèse peut être déterminée par la variation du taux de gaz carbonique mesurée en atmosphère contrôlée par chaque rayonnement de référence.

Nous voyons que la lumière naturelle est la meilleure source; mais il est impossible de la doser. Il est donc préférable de disposer l'aquarium de telle façon qu'il reçoive de la lumière du jour et de compléter par un éclairage artificiel.

La presque totalité des aquariums est équipée par une rampe d'éclairage avec lampes à incandescence; nous remarquons que la courbe de distribution spectrale ne correspond pas aux besoins des plantes.

Elles fournissent, d'une part. trop de radiations rouges, celles-ci chauffent la surface de l'eau et déterminent une évaporation intense; d'autre part, elles sont très pauvres en radiations bleues, violettes et ultra-violettes.

Nous avons donc recherché une lampe dont la distribution spectrale approche le plus possible du spectre d'activité de la photosynthèse et qui produise un effet esthétique agréable : cette lampe, nous croyons l'avoir trouvée dans la gamme des tubes fluorescents Philips. Il s'agit du tube fluorescent « blanc brillant de luxe ».

Nous avons planté deux aquariums de façon identique, à savoir avec :

— sept bouquets de plantes, plantés de façon linéaire dans du sable de la Garonne :

1) bouquet de Bacopa,
2) bouquet de Cabomba,
3) bouquet de Bacopa,
4) bouquet de Scirpus,
5) bouquet de Bacopa,
6) bouquet de Cabomba,
7) bouquet de Bacopa.

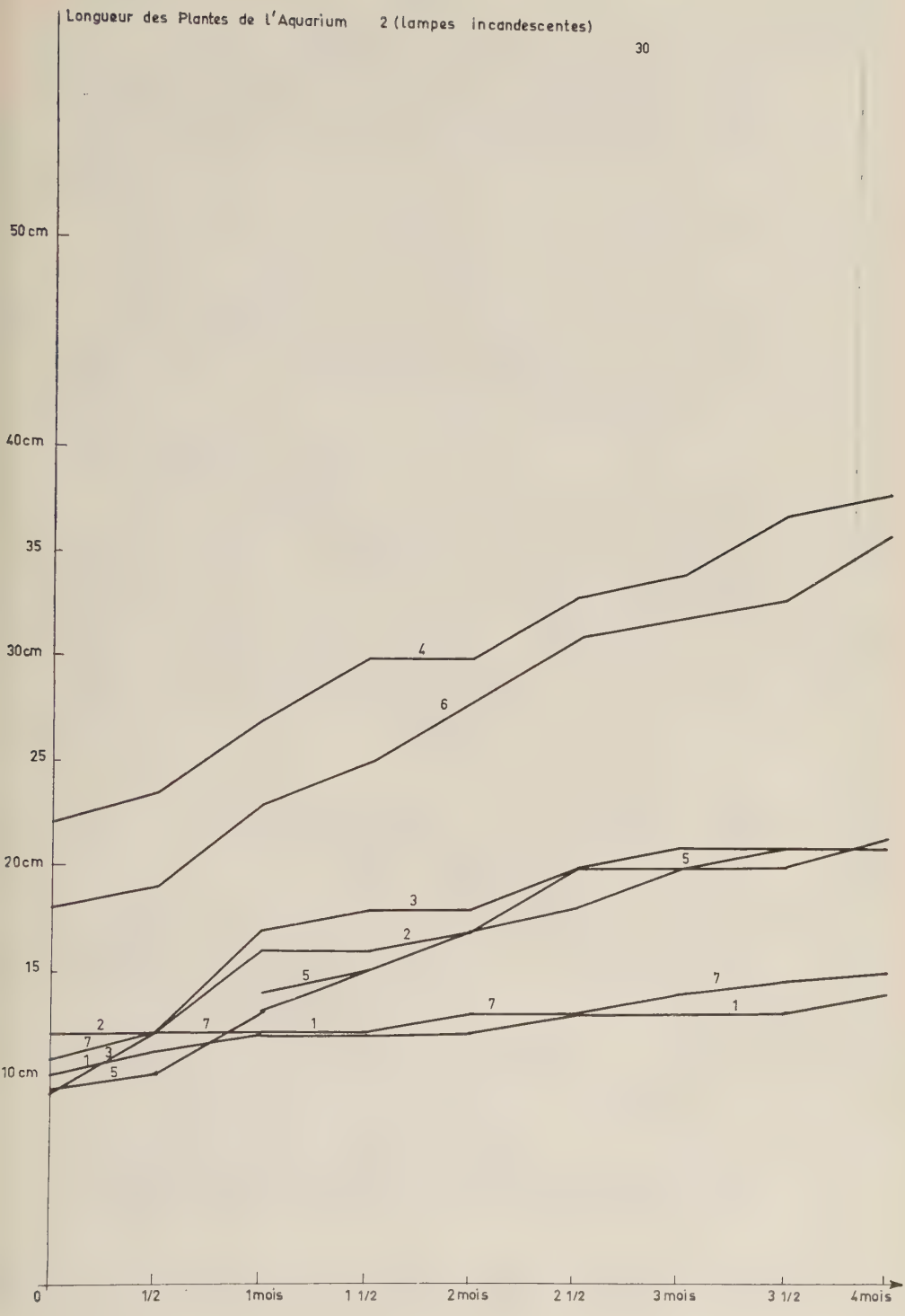
Ces deux aquariums sont installés dans un local sombre et soumis à un programme d'éclairage de douze heures par jour réparti de la façon suivante :

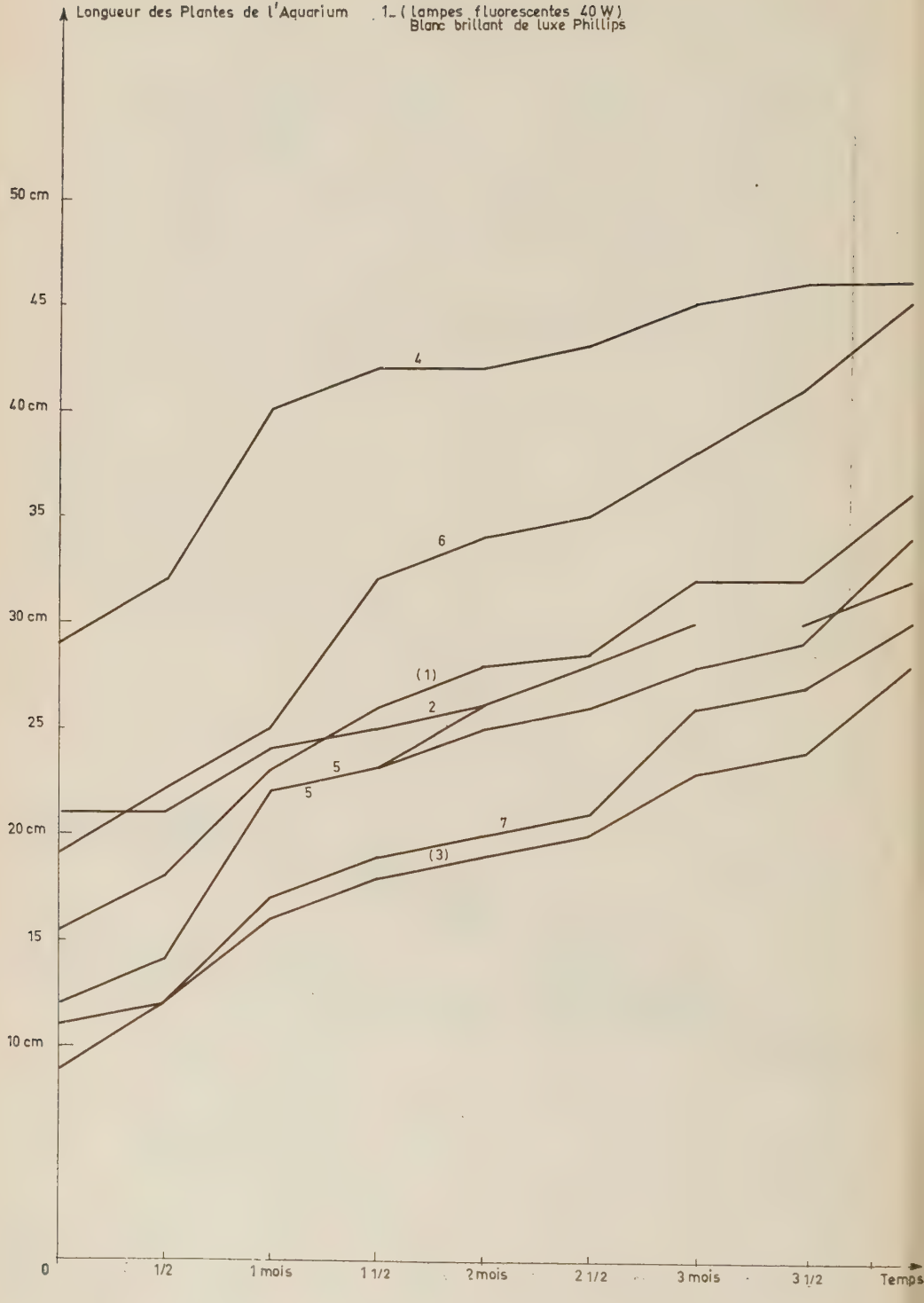
— de 6 heures à 12 heures : éclairage,
— de 12 heures à 14 heures : obscurité,
— de 14 heures à 20 heures : éclairage,
— de 20 heures à 6 heures : obscurité.

• L'aquarium 1 est éclairé à l'aide d'un tube fluorescent Philips T L 40 watts « blanc brillant de luxe », de 120 centimètres de long, placé à 15 centimètres de la surface de l'eau.

• L'aquarium 2 est éclairé à l'aide de trois sources lumineuses matérialisées par trois lampes à incandescence totalisant une puissance de 240 watts, placées à 15 centimètres de la surface de l'eau. Aucune vitre ne se trouve entre les sources lumineuses et la surface de l'eau, afin d'éviter l'absorption des radiations ultra-violettes.

Nous avons relevé tous les quinze jours la hauteur moyenne du bouquet pendant quatre mois.


Longueur des Plantes de l'Aquarium 2 (lampes incandescentes)
30
50 cm
40 cm
35
30 cm
25
20 cm
15
10 cm
0
1/2
1 mois
1 1/2
2 mois
2 1/2
3 mois
3 1/2
4 mois
1
2
3
4
5
6
7


Longueur des Plantes de l'Aquarium
1_ (lampes fluorescentes 40 W)
Blanc brillant de luxe Phillips
50 cm
45
40 cm
35
30 cm
25
20 cm
15
10 cm
0
1/2
1 mois
1 1/2
2 mois
2 1/2
3 mois
3 1/2
Temps
4
6
(1)
2
5
5
7
(3)

A la lecture des diagrammes, nous constatons que la croissance des plantes éclairées par le tube fluorescent Philips « blanc brillant de luxe » est de beaucoup supérieure à celle des plantes éclairées par les lampes à incandescence.

Les plantes de l'aquarium 1 sont de couleur vert sombre, plus étoffées que celles de l'aquarium 2.

Nous avons observé, dans l'aquarium 1, d'une part, une prolifération d'algues vertes sur les vitres beaucoup plus rapide et intense que dans l'aquarium 2 et, d'autre part, une croissance des alevins plus importante. Nous pouvons donc penser que l'équilibre biologique fut plus vite établi dans l'aquarium 1.

Ce tube fluorescent « blanc brillant de luxe » crée un éclairage très esthétique et très économique par la puissance qui est de 40 watts, au lieu de 240 watts pour l'éclairage à incandescence, et par sa durée d'utilisation, dépassant parfois huit à dix fois celle des lampes à incandescence, et surtout ne chauffe pas la surface de l'eau et, par conséquent, ne brûle pas les feuilles qui émergent.

Influence de l'hygiène de l'aquarium sur la croissance des poissons

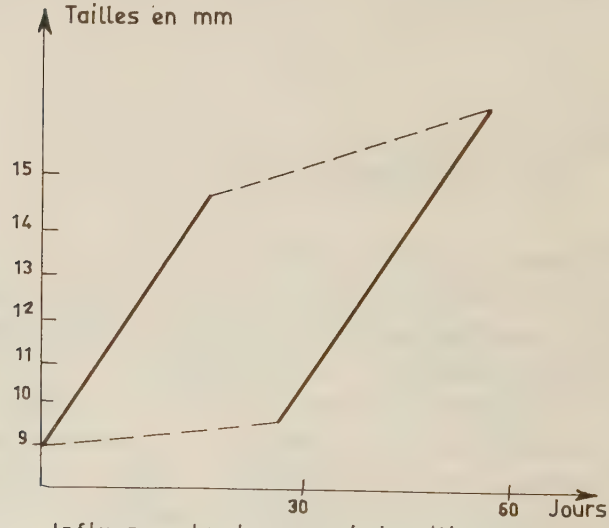
MM. Marcel Secondat et René Quillet, de l'École nationale supérieure agronomique de Toulouse, par des expériences approfondies, ont démontré le rôle important du conditionnement hétérotypique des plantes (*Fontinalis antipyretica, Ludwigia palustris*) + gastéropodes (*Limnea limosa, Physa acuta*) sur la croissance des alevins *Cambusia, Lebistes reticulatus* et sur le développement du génopode et de la gonade des jeunes mâles *Lebistes*. Ils ont démontré que dans un bac contenant

uniquement de l'eau, non renouvelée, la croissance est presque nulle. Ils admettent avec RICHARD-ROSSE et AKIN que, dans ce milieu, « des produits du métabolisme animal s'accumulent et réalisent une auto-inhibition très marquée de la croissance lorsque l'eau n'est pas renouvelée ».

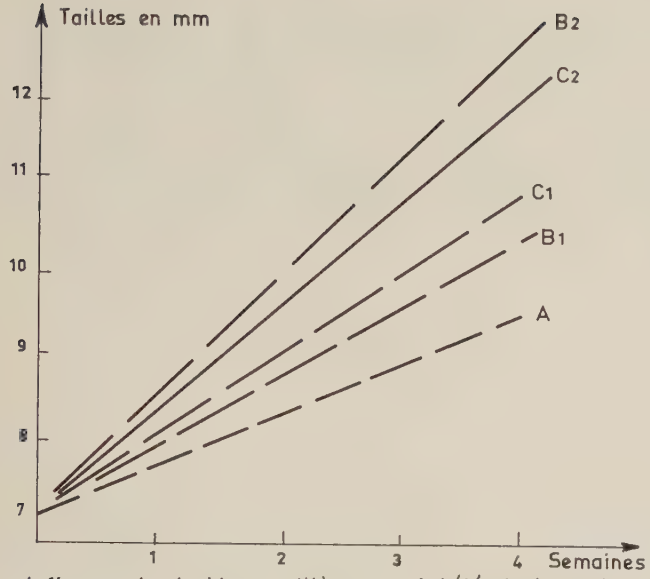
Par contre, si l'on introduit dans le bac d'élevage une espèce de plante et une espèce de gastéropode, on constate que ces alevins présentent une croissance supérieure à ceux vivant en présence uniquement de gastéropodes ou de plantes.

Donc, le double conditionnement hétérotypique : plante + gastéropode a une action synergique permettant la croissance optimale des poissons par métabolisation - dénaturation et disparition des inhibiteurs spécifiques et élaboration optimale des « exocoactones ».

Graphiques obtenus par M. M. QUILLET et SECONDAT



Influence du changement de milieu chez Gambusia
trait discontinu : eau non changée
trait plein : eau + limnea + ludwigia + Fontinalis



Influence du double conditionnement hétérotypique chez Lebistes

A ..... présence de limnea
B1 ..... présence de ludwigia
B2 ..... association limnea + ludwigia
C1 ..... présence de Fontinalis
C2 ..... association limnea + Fontinalis

Ces graphiques nous montrent l'importance de l'introduction dans un aquarium des gastéropodes. Ils ont en outre l'avantage de nettoyer l'aquarium en broutant, à l'aide de leur langue cornée appelée radula, les algues vertes qui recouvrent les vitres, les plantes, le sol de l'aquarium et les excréments, la nourriture non consommée par les poissons.

Ils ont également démontré que chez le poisson mâle ce double conditionnement hétérotypique est indispensable pour la différenciation normale de la gonade et des structures annexes.

« Le gonopode des sujets maintenus dans l'eau seulement subit, par rapport à celui des poissons maintenus

dans les milieux conditionnés, des modifications portant principalement sur l'allongement des troisième, quatrième et cinquième rayons et sur le défaut de développement du prépuce. On note aussi un retard dans l'apparition de la coloration normale du corps, la spermatogenèse paraît être perturbée ou tout au moins retardée. Les femelles ne sont pas fécondées par ces mâles. »

CONCLUSION

Nous avons vu dans la première partie : « Essai de traitement de l'ichtyophtiriose et de la piscicolose des poissons d'aquarium » que l'acranil présente un seuil de toxicité variable selon les espèces. C'est la raison pour laquelle il conviendrait, d'une part, de placer les sujets les plus atteints dans une solution d'acranil de concentration adéquate selon leur espèce et, d'autre part, de laisser les poissons contaminés ou peu atteints dans l'aquarium d'ensemble contenant une faible solution d'acranil (35 milligrammes pour 80 litres d'eau) empêchant toute nouvelle contamination.

Nous espérons que la deuxième partie : « Hygiène de l'aquarium », apportera assez d'éléments pour mieux comprendre l'évolution qui se produit dans un aquarium. Pour favoriser l'établissement de cet « état d'équilibre », il est souhaitable de posséder un aquarium de volume égal ou même supérieur à 100 litres d'eau, muni d'un système de filtrage efficace.

Pour un aquarium d'ensemble réunissant plusieurs espèces, il est préférable d'utiliser une eau dont le pH est neutre ou légèrement alcalin (pH compris entre 7

et 7,4) et le titre hypdrotimétrique doux (TH compris entre 11 et 15 degrés) ou moyennement dur (TH compris entre 16 et 20 degrés). Le sol doit être constitué par du sable de rivière tel que le sable de la Loire ou du Rhin.

Il est indispensable d'utiliser un éclairage riche en radiations rouge, bleu, indigo, violet, pour favoriser au maximum l'absorption par les plantes des déchets azotés rejetés par les poissons. Dans les aquariums d'élevage, le double conditionnement hétérotypique : plante plus gastéropode permet une croissance optimale des alevins. Toutefois il ne faut jamais oublier que tous ces éléments : eau, poissons, plantes, sol, éclairage dépendent les uns des autres, et si l'un d'entre eux fait défaut, « l'hygiène de l'aquarium » n'est pas réalisée.

Vu :
Le Professeur de l'Ecole Vétérinaire
rapporteur,
A. BRIZARD.

Vu :
Le Directeur de l'Ecole Vétérinaire,
R. FLORIO.

Vu :
Le Président de la Thèse,
ROUX.

Vu : *Le Doyen,*
LAZORTHES.

Vu et permis d'imprimer :
Toulouse, le 14 mai 1970.
Le Recteur,
Président du Conseil de l'Université,
C. CHALIN.

BIBLIOGRAPHIE

Aquarama, revue aquariophile trimestrielle : avril, juillet, octobre 1967; janvier, avril, juillet, octobre 1968, janvier 1969.

Angel Fernand. — Poissons exotiques et d'aquariums, pp. 45-47. — Ed. M. Boubée et Cie, 3, place Saint-André-des-Arts et 11, place Saint-Michel, Paris (VI^e^), 1965.

Binet P., Brunel J. P. — Physiologie végétale, tome II. — Ed. Doin, Paris, 1968.

Brown Margaret. — The physiology of fishes. Vol. I : Metabolism. — Academic Press. édit., New York, 1957.

Christensen N. O. — Maladies des poissons (adaptation française de Pierre Besse). — Edité par le Syndicat des Pisciculteurs-Salmoniculteurs de France, 28, rue Milton, Paris (IX^e^), 1966.

Copin Luc. — Faune et flore exotiques, pp. 395-400. — Ed. Bona, Paris (XIII^e^), 1955.

Coupin F. — L'aquarium d'eau douce et ses habitants. — J. B. Baillière et Fils, édit., Paris, 1893.

Favre Henri. — Le Guide Marabout de l'aquarium, pp. 27 à 77. — Ed. Gérard et Cie, Verviers (Belgique), 1968.

Morette A. — Précis d'hydrologie. — Masson et Cie, édit., Paris.

Philips. — La lumière artificielle en horticulture. — 50, avenue Montaigne, Paris (VIIIe).

Poisson. — Maladies des poissons d'aquarium. — Thèse doct. vét., Maisons-Alfort, 1963.

Secondat Marcel, Quillet René. — *C. R. Acad. Sc. Paris*, 24 février 1964, t. 258, pp. 2420-2423; 12 juillet 1965, t. 261, pp. 562-565; 22 janvier 1968, t. 266, pp. 410-413.

Schaperclaus W. — Traité de pisciculture en étang. — Vigot Frères, édit., 1962.

Tassigny. — Les algues d'eau douce. — *La Pisciculture française*, aquariophilie, 1er trimestre 1968.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 9

PREMIERE PARTIE 11

Essai de traitement de l'ichtyophtiriose et de la piscicolose des poissons d'aquarium par le dichlorhydrate du chlorométhoxyacridyl-aminodiéthylamino-propanol

CHAPITRE PREMIER. — L'ICHTYOPHTIRIOSE 13

Définition 13

Synonymie 13

Historique 13

Étiologie 14

1) Le germe 14

2) La réceptivité 17

3) Mode de transmission 22

Étude anatomo-clinique 23

Évolution 24

Diagnostic 24

Traitement 25

A. Traitement fondé sur la connaissance du cycle du parasite 25

B. Traitement médicamenteux 26

Dichorhydrate de chloro-3/(diéthylamino-4 méthyl 1-butyl)amino/9 méthoxy-7-acridine-mépacrine = Quinacrine 26

Diiodohydroxyquinoléine = Direxiode 27

Acide acétamino 3 hydroxy 4 benzène arsenique = Stovarsol 27

Dichlorhydrate du chlorométhoxyacridyl-amino-diéthylamino-propanol = Acrinil 28

Prophylaxie 38

CHAPITRE II. — ESSAI DE TRAITEMENT PAR LE DICHLORHYDRATE DU CHLORMÉTHOXYACRIDYL-AMINODIÉTHYLAMINO-PROPANOL DES POISSONS ATTEINTS PAR « PISCICOLA GEOMETRA » 39
Symptômes 39
Traitement 40

DEUXIEME PARTIE 41

Hygiène de l'aquarium

INTRODUCTION 41
CHOIX DE L'AQUARIUM 42
LE FILTRAGE DE L'EAU 44
L'EAU 46
1) *Le pH de l'eau* 47
— Principe 47
— Mesure 47
— Expériences 49
2) *Le titre hydrotimétrique de l'eau* = TH 60
— Principe 60
— Mesure 61
— Expériences 67
— Rôle du titre hydrotimétrique et conclusion 74
PHYSIOLOGIE DES POISSONS ET HYGIÈNE DE L'AQUARIUM 77
LE SOL ET LES PLANTES 81
LES PLANTES ET L'ÉCLAIRAGE 87
INFLUENCE DE L'HYGIÈNE DE L'AQUARIUM SUR LA CROISSANCE DES POISSONS 97
CONCLUSION 101
BIBLIOGRAPHIE 105

IMPRIMERIE TOULOUSAINE (Vve LION) - 16, rue Lakanal - TOULOUSE
Dépôt légal ; 2e trim. 70. Aa 590